

Paula Paganini Costa

**ESTUDO DO PROCESSO DE CO-CONSTRUÇÃO
DE CONHECIMENTO EM UM CONTEXTO DE
ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM**

Belo Horizonte

2012

Paula Paganini Costa

**ESTUDO DO PROCESSO DE CO-CONSTRUÇÃO DE
CONHECIMENTO EM UM CONTEXTO DE ENSINO
FUNDAMENTADO EM MODELAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, primeiramente, por guiar os meus passos nessa caminhada.

À Rosária, professora, pois foi através dos ensinamentos adquiridos em suas aulas que desenvolvi o gosto pela docência. À Rosária, orientadora, pois sem a sua orientação este trabalho nunca alcançaria a qualidade apresentada. À Rosária, amiga, que esteve comigo durante todo o tempo em que desenvolvi este trabalho, me apoiando e ajudando nos momentos em que mais precisei.

Ao meu namorado Heberton Correa, pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos.

Aos grandes amigos do grupo de pesquisa “Reagir – Modelagem e Educação em Ciências” (Nilmara, Daniela, Kristianne, Heberton, Paula Cristina, Poliana, Stephanie, Mary, Marcelo) pelas discussões produtivas, apoio incondicional e momentos de descontração.

À Paula Cristina, por permitir que eu a ajudasse em seu doutorado, participando da coleta de dados e das transcrições, o que me fez conhecer e gostar da pesquisa em Educação. À Danusa, pelas discussões produtivas e incentivo. Ao Gilson, pela amizade, carinho e atenção. Além disso, agradeço aos três professores, e também ao professor Orlando, por aceitarem o convite e estarem na minha banca, contribuindo para a melhoria deste trabalho.

À minha família e aos meus amigos por sempre estarem torcendo por mim.

O meu maior agradecimento é para minha mãe, Marieta Paganini, por sempre ter investido na minha educação, por estar presente nos momentos mais difíceis e nos mais alegres, além de sempre acreditar que eu seria capaz de realizar os meus sonhos. Esta conquista é nossa.

RESUMO

Neste trabalho, investigamos o processo de co-construção do conhecimento em situações de ensino fundamentadas em modelagem. Assumimos o significado de co-construção como processo no qual há interações entre professor e estudante(s), ou entre os próprios estudantes, que resulta em construção de conhecimento. O trabalho tem por objetivo discutir: quais são os principais elementos da atuação do professor no sentido de favorecer o processo de co-construção no contexto investigado; quais são as habilidades manifestadas pelos estudantes durante o processo de co-construção; a possibilidade de os próprios estudantes fomentarem o processo de co-construção dos colegas (e como isto ocorre); e características da co-construção ocorrida em situações de ensino fundamentadas em modelagem. Os dados foram coletados em uma turma de segundo ano do ensino médio de uma escola pública noturna da Região Metropolitana de Belo Horizonte. O ensino de ligações iônicas nesta turma ocorreu a partir de uma unidade didática fundamentada em modelagem previamente validada em outras situações de ensino e pesquisa. Todas as aulas foram gravadas em vídeo e transcritas. A partir das transcrições, identificamos 18 momentos em que a co-construção ocorreu. A análise detalhada desses momentos permitiu caracterizar as ações da professora e as habilidades manifestadas pelos estudantes. Dentre outros aspectos importantes, os resultados evidenciam que as ações mais frequentemente utilizadas pela professora foram aquelas relacionadas a questionamentos; as habilidades relacionadas à elaboração de modelos foram as mais manifestadas pelos estudantes; os estudantes foram capazes de fomentar o processos de co-construção do conhecimento dos colegas. A partir de nossos resultados, concluímos que atividades investigativas, como as baseadas em modelagem, podem favorecer o processo de co-construção de conhecimento. Por isso, defendemos a utilização dessas atividades em contextos variados de ensino de forma a contribuir para uma aprendizagem mais ampla e autêntica de Ciências.

ABSTRACT

In this study, we investigate the process of knowledge co-construction in a modelling-based teaching context. For us, co-construction is a process in which there are interactions between the teacher and the student(s), or between the students, resulting in construction of knowledge. The aims of this study are to discuss: which are the main elements of the teacher's actions that favour the occurrence of co-construction in the investigated context; which are the main skills showed by the students during the co-construction in such a context; the possibility of the co-construction being fostered by the students themselves (and how this process occurs); and general characteristics of the co-construction occurred in modelling-based teaching contexts. Data were collected in a second-grade class of the medium level in a public school in Belo Horizonte. In this class, the teaching of ionic bonding occurred from a modelling-based didactic unit that was previously validated in other teaching and research contexts. All the lessons were video-recorded and transcribed. From the transcriptions, we identified 18 moments in which the co-construction took place. The detailed analysis of such moments supported the characterization of both teachers' actions and skills showed by students. Among other important aspects, our results made it evident that the most frequent actions used by the teacher were those concerning questioning students; the skills related to the elaboration of models were those most often shown by students; and the students were really able to foster the knowledge co-construction of their colleagues. From our results, we conclude that investigative activities, like the modelling-based ones, can favour the knowledge co-construction process. Therefore, we acknowledge the use of such activities in different teaching context as a way to contribute to a more comprehensive and authentic science learning.

SUMÁRIO

<u>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO</u>	1
<u>CAPÍTULO 2. REVISÃO DA LITERATURA E DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES DE PESQUISA</u>	4
APRENDIZAGEM	4
MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS	7
O CICLO GEM	10
HABILIDADES MANIFESTADAS PELOS ESTUDANTES	17
ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS	18
QUESTÕES DE PESQUISA	20
<u>CAPÍTULO 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS</u>	22
PESQUISA QUALITATIVA	22
COLETA DE DADOS E SUJEITOS	22
CONTEXTO DE ENSINO: A UNIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DO TEMA LIGAÇÃO IÔNICA	24
ANÁLISE DE DADOS	26
IDENTIFICAÇÃO DOS MOMENTOS DE CO-CONSTRUÇÃO	27
DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE DOS MOMENTOS DE CO-CONSTRUÇÃO	27
EXECUÇÃO DA ANÁLISE DOS DADOS	31
<u>CAPÍTULO 4. RESULTADOS</u>	34
COMENTÁRIOS INICIAIS	34
ATIVIDADE 1	35
GRUPO 2	35
GRUPO 4	37
ATIVIDADE 2	38
GRUPO 3	38
GRUPO 4	40
ATIVIDADE 3	42
GRUPO 2	42
GRUPO 3	43
GRUPO 4	47
ATIVIDADE 4	50
ATIVIDADE 5	50
GRUPO 3	50
ATIVIDADE 6	53
GRUPO 3	54
ATIVIDADE 7	60
GRUPO 2	60

CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	65
COMENTÁRIOS INICIAIS	65
DISCUSSÃO DOS MOMENTOS DE CO-CONSTRUÇÃO	66
CARACTERIZAÇÃO DOS MOMENTOS DE CO-CONSTRUÇÃO	78
FREQÜÊNCIA DAS AÇÕES DA PROFESSORA E DAS HABILIDADES MANIFESTADAS PELOS ESTUDANTES	86
CAPÍTULO 6. DISCUSSÃO FINAL	94
PRIMEIRA QUESTÃO DE PESQUISA	94
SEGUNDA QUESTÃO DE PESQUISA	96
TERCEIRA QUESTÃO DE PESQUISA	97
QUARTA QUESTÃO DE PESQUISA	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
APÊNDICE. ATIVIDADES DE MODELAGEM PARA O ENSINO DE LIGAÇÕES IÔNICAS	103
ATIVIDADE 1	103
ATIVIDADE 2	104
ATIVIDADE 3	105
ATIVIDADE 4	107
ATIVIDADE 5	109
ATIVIDADE 6	110
ATIVIDADE 7	111
ATIVIDADE 8	112

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
2.1	Diagrama Modelo de Modelagem v2.	8
2.2	Ciclo GEM.	11
2.3	Ilustração dos processos de evolução do modelo, suporte e co-construção.	12
2.4	Exemplo de questão discrepante.	14
2.5	Exemplo do processo de co-construção detalhando os modos e interações.	15
2.6	Exemplo do processo de co-construção detalhando os modos Modificação e Confirmação.	16
2.7	Elementos do modelo de Toulmin.	19

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	TÍTULO	PÁGINA
5.1	Representação gráfica do quadro 4.1	66
5.2	Representação gráfica do quadro 4.2	67
5.3	Representação gráfica do quadro 4.3	68
5.4	Representação gráfica dos quadros 4.4 e 4.5	69
5.5	Representação gráfica do quadro 4.6	70
5.6	Representação gráfica do quadro 4.7	71
5.7	Representação gráfica dos quadros 4.8 e 4.9	72
5.8	Representação gráfica dos quadros 4.10, 4.11 e 4.12	73
5.9	Representação gráfica dos quadros 4.13, 4.14 e 4.15	74
5.10	Representação gráfica do quadro 4.16	75
5.11	Representação gráfica do quadro 4.17	76
5.12	Representação gráfica do quadro 4.18	77
5.13	Representação gráfica do quadro 4.7 com identificação dos grupos de ações e habilidades.	79
5.14	Representação gráfica do quadro 4.8 com identificação dos grupos de ações e habilidades.	79
5.15	Representação gráfica do quadro 4.2 com identificação dos grupos de ações e habilidades.	81
5.16	Representação gráfica do quadro 4.10 com identificação dos grupos de ações e habilidades.	81
5.17	Representação gráfica dos quadros 4.13, 4.14 e 4.15 com identificação dos grupos de ações e habilidades	84
5.18	Representação gráfica do quadro 4.17 com identificação dos grupos de ações e habilidades.	85
5.19	Representação gráfica do quadro 4.18 com identificação dos grupos de ações e habilidades.	85

LISTA DE QUADROS

QUADRO	TÍTULO	PÁGINA
3.1	Ações da professora durante a co-construção.	28
3.2	Descrição das habilidades manifestadas pelos estudantes durante o processo de co-construção.	29
3.3	Características dos momentos em que as habilidades são manifestadas pelos estudantes.	31
4.1	T1G2 registrado durante a atividade 1.	35
4.2	T1G4 registrado durante a atividade 1.	37
4.3	T1G3 registrado durante a atividade 2.	39
4.4	T2G4 registrado durante a atividade 2.	40
4.5	T3G4 registrado durante a atividade 2.	41
4.6	T2G2 registrado durante a atividade 3.	43
4.7	T2G3 registrado durante a atividade 3.	44
4.8	T3G3 registrado durante a atividade 3.	45
4.9	T4G3 registrado durante a atividade 3.	46
4.10	T4G4 registrado durante a atividade 3.	47
4.11	T5G4 registrado durante a atividade 3.	48
4.12	T6G4 registrado durante a atividade 3.	49
4.13	T5G3 registrado durante a atividade 5.	51
4.14	T6G3 registrado durante a atividade 5.	51
4.15	T7G3 registrado durante a atividade 5.	52
4.16	T8G3 registrado durante a atividade 6.	54
4.17	T9G3 registrado durante a atividade 6.	57
4.18	T3G2 registrado durante as atividades 6 e 7.	60
5.1	Exemplo de discussão em que um estudante parece assumir o papel da professora.	82
5.2	Exemplo de questionamentos feitos por estudantes em seu grupo de discussão.	82
5.3	Número de ações da professora que foram utilizadas nos diálogos presentes nos quadros 4.1 a 4.18.	87
5.4	Relacionamento das etapas do diagrama Modelo de Modelagem com as ações da professora que mais foram encontradas.	89
5.5	Número de habilidades dos estudantes manifestadas nos diálogos presentes nos quadros 4.1 a 4.18.	91
5.6	Relacionamento das etapas do diagrama Modelo de Modelagem com as principais habilidades manifestadas pelos estudantes.	93

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

Muitos estudantes questionam o motivo de terem que aprender ciências, principalmente aqueles educados na perspectiva tradicional, centrada na transmissão passiva de conteúdos. Tal perspectiva pode acarretar em inibição do pensamento especulativo e da criatividade, visto que vai em direção totalmente contrária ao caráter investigativo da ciência e não faz relacionamentos dela com os aspectos históricos, sociais e ambientais, que poderiam prover sentido ao estudo da ciência na escola.

Por outro lado, Millar e Osborne (1998) apresentam vários argumentos relativos à importância da introdução de ciências em currículos de todos os níveis de ensino. O primeiro seria o argumento da *utilidade*, em que alguma compreensão de como os artefatos ou fenômenos naturais funcionam faria com que a pessoa se sentisse mais conhecedora e, portanto, mais confortável ao lidar com tais artefatos ou fenômenos na vida cotidiana. Outro argumento é o *democrático*, segundo o qual se o indivíduo tem acesso a um mínimo de conhecimento e habilidades relacionados à ciências, ele é capaz de argumentar e se posicionar frente à questões sócio-científicas relacionadas ao seu cotidiano, quando necessário. O argumento *cultural* diz respeito a encarar a ciência como a principal aquisição de nossa cultura e, portanto, que todos os jovens devam ser ajudados a compreendê-la e a apreciá-la. E, por fim, temos o argumento *social* que afirma que o conhecimento científico é importante para coesão social, pois mantém os elos entre a ciência e a cultura geral.

A reformulação do ensino médio no Brasil, estabelecida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) de 1996, regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e divulgada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, procurou atender a uma reconhecida necessidade de atualização da educação brasileira. Um dos objetivos da reformulação do ensino médio foi fazer com que o estudante aprendesse e entendesse melhor a disciplina Ciências. Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (Brasil, 2002), as competências gerais a serem desenvolvidas no ensino de Ciências dizem respeito aos domínios de:

- *representação e comunicação*, envolvendo a leitura e interpretação de códigos, nomenclaturas e textos próprios, a transposição entre diferentes formas de representação, a busca de informações, a produção e análise crítica de diferentes tipos de textos;

Paula Paganini Costa

- *investigação e compreensão*, ou seja, o uso de ideias, conceitos, leis, modelos e procedimentos científicos associados a essa disciplina;
- *contextualização sócio cultural*, que visa situar claramente o contexto em que os conhecimentos científicos e tecnológicos são desenvolvidos e aplicados.

A utilização de atividades de modelagem, isto é, atividades voltadas para a construção, reformulação e validação de modelos¹, pode resultar em um ensino mais significativo, que ajude o estudante a desenvolver um entendimento mais coerente e crítico. Por isso, as atividades de modelagem podem se constituir em importantes ferramentas para tentar promover o desenvolvimento de diferentes competências e atender às exigências contemporâneas para o ensino de ciências (como as expressas nos argumentos de Millar e Osborne especificados anteriormente). Isso porque elas levam em consideração as ideias prévias dos indivíduos e o caráter limitado dos modelos, além de apresentarem caráter investigativo. Assim, aprender através da modelagem pode contribuir para que os estudantes aprendam sobre como o conhecimento científico é produzido, aspecto coerente com um ensino de ciências mais autêntico (Gilbert, 2004).

Entretanto, o campo de estudos envolvendo atividades de modelagem no ensino de ciências ainda é recente e a maioria dos trabalhos envolve modelagem computacional. Na literatura, são encontrados poucos trabalhos realizados em contextos regulares de ensino, que objetivam a construção do conhecimento científico através de situações em que os estudantes são solicitados a construir e reformular modelos visando o entendimento de algum conteúdo específico; desenvolver habilidades e melhorar suas visões sobre modelo na ciência (Mendonça & Justi, 2009a).

O fato de existirem poucas pesquisas sobre modelagem no ensino de ciências e de algumas delas serem pouco aplicáveis aos contextos de ensino na maioria das escolas brasileiras (por necessitarem do uso de computadores, por exemplo), acarreta a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas sobre o assunto, principalmente de forma a compreender melhor o papel do professor no processo de ensino fundamentado em modelagem. Este é o principal foco de discussão desta dissertação.

Visando favorecer a compreensão do leitor, a dissertação está organizada como descrito a seguir. No capítulo 2 (Revisão da Literatura e Questões de Pesquisa), discutimos a

¹ Modelo pode ser compreendido como uma representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou fenômeno para um dado sistema, que apresenta uma finalidade específica (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000).

CAPÍTULO 2. REVISÃO DA LITERATURA E DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES DE PESQUISA

Aprendizagem

Segundo o dicionário Houaiss, *aprender* pode ser entendido como adquirir conhecimento a partir de estudo; instruir-se; vir a ter melhor compreensão (de algo) pela intuição, sensibilidade, vivência. Então poderíamos entender aprendizagem como sendo o ato ou efeito de aprender. Em nosso trabalho, adotamos uma visão mais detalhada de aprendizagem – a visão construtivista – segundo a qual a aquisição de conhecimento ocorre a partir da construção do mesmo.

De acordo com a filosofia construtivista, o conhecimento é construído pelo ser humano, nunca é confirmado e a escolha da melhor teoria ou modelo depende das circunstâncias. Em educação, a consideração das ideias construtivistas leva a definir aprendizagem como um processo de estabelecimento de relações mentais entre o conhecimento já existente e novas informações (Driver, 1989). Nesse sentido, a aprendizagem depende de três aspectos: o que o aprendiz já sabe; as características da situação de aprendizagem em si; e a natureza das relações que são estabelecidas. Nessa perspectiva, a aprendizagem pode ser avaliada a partir de uma mudança cognitiva do indivíduo, que pode ser observada através de atividades sucessivas.

Os métodos pedagógicos hoje ditos construtivistas tiveram sua origem, principalmente, na teoria piagetiana. Piaget é apontado como o primeiro pesquisador na área de ciências humanas a utilizar o termo construtivismo, quando formulou sua teoria da epistemologia genética, a fim de indicar o papel ativo do sujeito na construção de seu mundo (Sanchis & Mahfoud, 2010).

A especificidade do construtivismo de Piaget está no fato de que a construção do conhecimento (ativa, por parte do sujeito) é o que permite a construção de estruturas de compreensão cada vez mais equilibrada e, ao mesmo tempo, uma estruturação (em termos de significado) cada vez mais abrangente do mundo (Sanchis & Mahfoud, 2010). Segundo Piaget (1986), o desenvolvimento psíquico, que começa quando nascemos e termina na idade adulta, é uma equilibração progressiva, uma passagem contínua de um estado de menor equilíbrio para um estado equilíbrio superior.

Paula Paganini Costa

Piaget (1986) afirma que toda ação – isto é, todo movimento, pensamento ou sentimento – corresponde a uma necessidade. Segundo Claparède (apud Piaget, 1986), uma necessidade é sempre a manifestação de um desequilíbrio, implicando, então, em um reajustamento de conduta. A ação só terá fim no momento em que a satisfação das necessidades é alcançada, isto é, logo que o equilíbrio – entre o fato novo que gerou a necessidade e a nossa organização mental – é restabelecido. A ação humana consiste neste movimento de equilibração.

A construção do conhecimento só é possível através de uma interação, mediada pela ação do sujeito, em que dois conceitos são centrais: a assimilação e a acomodação. Toda a necessidade tende a incorporar as coisas e pessoas às estruturas já construídas dos sujeitos e a reajustar essas últimas em função das transformações ocorridas, ou seja, acomodá-las aos objetos externos. Existe uma tendência de assimilar progressivamente o meio ambiente, graças às estruturas e órgãos psíquicos. Assimilando assim os objetos, a ação e o pensamento são compelidos a se acomodarem a estes, isto é, a se reajustarem por ocasião a cada variação exterior. Pode-se chamar adaptação ao equilíbrio dessas assimilações e acomodações (Piaget, 1986).

Em termos educacionais, o construtivismo piagetiano, pelas características próprias da orientação epistemológica de suas pesquisas, tem sido responsabilizado pela ênfase excessiva na dimensão individual do conhecimento, ignorando a inserção social do sujeito e, sobretudo as dimensões específicas dos conteúdos e das interações no interior da instituição escolar (Aguilar Jr., 1998). Entretanto, na perspectiva sócio cultural, a construção do conhecimento é vista como um processo que emerge das interações sociais (Vygotsky, 1978). Portanto, para entender como ocorre a aprendizagem, é necessário também analisar a comunidade que interage e o contexto no qual as interações ocorrem (Driver, 1989).

Para Vygotsky, todas as atividades cognitivas básicas do indivíduo ocorrem de acordo com sua história social e acabam se constituindo no produto do desenvolvimento histórico-social de sua comunidade (Luria, 1976). Podemos concluir, então, que fatores congênitos não determinam as habilidades cognitivas e as formas de estruturar o pensamento do indivíduo, mas sim o contexto social e cultural no qual o indivíduo se desenvolve. Nesse processo de desenvolvimento cognitivo, a linguagem e a interação entre os pares tem papel fundamental na determinação de como ocorrerá o aprendizado.

Paula Paganini Costa

Segundo Mortimer (1996), aprender ciências envolve a iniciação dos estudantes em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural, que é fundamentalmente diferente daquelas disponíveis no senso-comum. Aprender ciências envolve um processo de socialização de práticas da comunidade científica e de suas formas particulares de pensar e ver o mundo. Sem as representações simbólicas próprias da cultura científica, muitas vezes o estudante se mostra incapaz de perceber, nos fenômenos, aquilo que o professor espera que ele perceba.

Para Osborne (1996), grande parte das propostas de ensino construtivistas atribui uma ênfase considerável ao valor da observação e da experiência direta, isto é, a uma perspectiva empirista de aprender ciências, e não enfatizam suficientemente o processo de aquisição de novas estruturas para reinterpretar a experiência e transcender o pensamento do senso comum.

Aprendizagem de assuntos complexos, assim como a de conceitos discutidos nas aulas de ciências, pode ocorrer sob pelo menos três diferentes condições. Primeira, um estudante pode *não ter conhecimento prévio* sobre os conceitos a serem aprendidos, embora possa ter alguns conhecimentos relacionados. Neste caso, a aprendizagem consiste na *adição* de novos conhecimentos. Segunda, um estudante pode ter algum conhecimento prévio adequado sobre os conceitos que serão aprendidos, mas esse conhecimento ser *incompleto*. Neste caso, a aprendizagem pode ser entendida como o *preenchimento de uma lacuna*. Em ambos os casos – ausência de conhecimentos prévios e preenchimento de lacunas – a aquisição de conhecimento pode ser entendida como um *enriquecimento da estrutura cognitiva do estudante*. Em uma terceira condição, um estudante pode ter adquirido ideias, na escola ou a partir da experiência cotidiana, que estão *em conflito com* os conceitos a serem aprendidos (Vosniadou, 2002). Assim, a aprendizagem nesta terceira condição não pode ser caracterizada como adição de novos conhecimentos ou preenchimento de lacunas, mas sim como uma transformação de um conhecimento prévio equivocado para um conhecimento aceito pela ciência (Chi, 2008). Todas essas alterações no conhecimento de um indivíduo podem ser chamadas de *mudança conceitual*.

Problemas relacionados à mudança conceitual são uma das maiores razões de fracasso escolar dos estudantes nas aulas de ciências, pois eles costumam encontrar muitas dificuldades nessa área. Essas dificuldades estão presentes tanto para os estudantes mais brilhantes das universidades, quanto para os mais fracos ou mais jovens do ensino fundamental e médio. Podemos enumerar alguns motivos para essas dificuldades que acompanham os estudantes durante toda a sua vida escolar: ausência de pensamento crítico,

conhecimento fragmentado, falta de transferência de conhecimento teórico para outros contextos, concepções alternativas etc. (Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008).

O principal fator que dificulta a mudança conceitual é a presença de concepções alternativas na mente dos estudantes. Elas são presença constante no raciocínio dos estudantes e suas estruturas entram em conflito com as informações que são cientificamente aceitas e que estão sendo ensinadas em sala de aula. Grande parte das intervenções que são realizadas com o objetivo de resolver esse problema são ineficientes e direcionam uma atenção inadequada para o problema (Vosniadou et al., 2008).

Neste trabalho, acreditamos que a presença de concepções alternativas atrapalham o entendimento dos estudantes sobre os conceitos científicos que são ensinados. Acreditamos que as atividades de modelagem podem auxiliar no processo de mudança conceitual, ajudando os estudantes não a substituir as concepções alternativas por ideias científicas, mas a promover a evolução das ideias que foram adquiridas ao longo das atividades realizadas. Também consideramos possível a convivência de novas ideias com as ideias anteriores, dependendo do contexto onde são empregadas. Além disso, buscamos identificar situações nas quais os estudantes claramente mudam suas ideias iniciais a partir da realização das atividades de modelagem e das interações com os colegas e com a professora, visto que acreditamos que o contexto social desempenha um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

Modelagem no Ensino de Ciências

Quando pensamos em mudança conceitual, podemos direcionar a nossa atenção para como os cientistas raciocinam quando resolvem problemas. A elaboração de modelos é fundamental para os cientistas resolverem problemas práticos. A literatura em história e filosofia da ciência estabelece que processos de construção e manipulação analógica e visual desempenham um papel central na mudança conceitual na área de ciências (Nersessian, 2008). As atividades de modelagem conduzidas pelos cientistas não simplesmente os ajudam a raciocinar logicamente, mas constituem uma forma distinta de raciocinar.

Entretanto, a modelagem não envolve uma sequência linear e direcional de etapas a serem seguidas, apesar de vários autores concordarem que algumas etapas são sempre essenciais no processo. Neste trabalho, destacamos a proposta apresentada por Justi e Gilbert (2002) porque ela foi utilizada para fundamentar as situações de ensino aqui analisadas. Eles propuseram um diagrama intitulado *Modelo de Modelagem*, a partir do estudo de como

cientistas elaboram modelos, bem como através de poucas propostas disponíveis na literatura (Clement, 1989), na tentativa de explicitar como ocorre a modelagem. A figura 2.1 mostra uma versão simplificada do diagrama que enfatiza o relacionamento entre as etapas mais relevantes do processo. É importante destacar que o diagrama *Modelo de Modelagem* mostra um processo cíclico e não linear, ou seja, uma vez que um modelo seja expresso, o indivíduo que o produziu pode modificá-lo e isso pode acontecer diversas vezes.

Para um melhor entendimento do diagrama *Modelo de Modelagem*, consideremos cada um de seus elementos (que caracterizam as etapas do processo). A primeira etapa se relaciona à produção do modelo mental². Inicialmente, deve-se definir os objetivos para os quais o modelo será criado, por exemplo, para explicar um fenômeno. A seguir, é necessário que a pessoa envolvida no processo tenha alguma experiência com o alvo³. Essa experiência pode ser conseguida através de observações do alvo, da aquisição de informações vindas de fontes externas (como um artigo ou livro), ou mesmo informações presentes em sua própria estrutura cognitiva. A pessoa deve, também, selecionar uma fonte, ou seja, um sistema com o qual é possível estabelecer uma relação análoga com o alvo. Como consequência da integração dos passos anteriores, ocorre a elaboração de um modelo mental inicial.

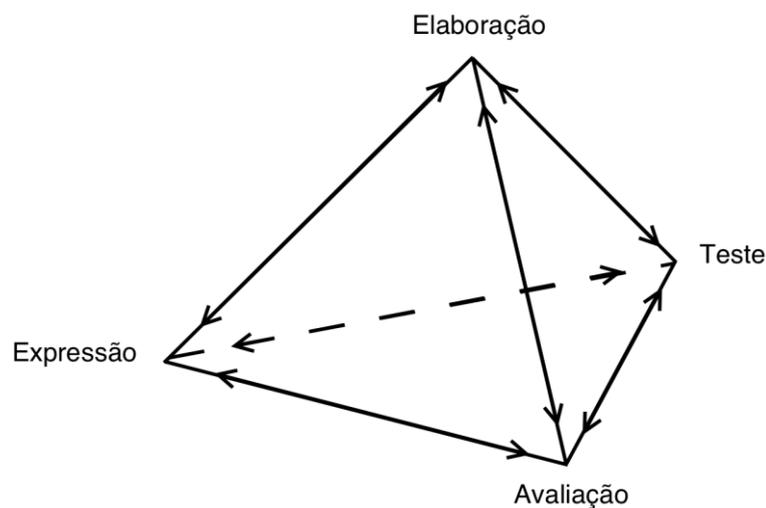


Figura 2.1. Diagrama *Modelo de Modelagem* v2 (Justi, 2011, p. 95).

Tendo sido produzido um modelo mental (ou mesmo durante esse processo), deverá ser decidido o modo de representação que será utilizado para expressá-lo: material, visual,

² Segundo Borges (1997), uma caracterização simples de um modelo mental é que ele é um modelo que existe na mente de alguém.

³ Alvo é considerado a situação problema, o sistema desconhecido que alguém tenta compreender por meio da modelagem.

verbal, matemático, gestual, virtual, ou uma combinação desses. Essa é considerada a segunda etapa do processo. A primeira e a segunda etapa são cíclicas porque é necessário haver uma adequação entre o modelo mental e a melhor forma de representação, de modo a expressar claramente os pensamentos do sujeito, ao mesmo tempo em que a expressão do modelo pode contribuir para que a essência do mesmo seja modificada.

Depois de produzido um modelo expresso, o próximo passo é testá-lo, visando verificar em que medida ele atinge seus objetivos (terceira etapa). Os testes podem acontecer através de experimentos mentais⁴ ou experimentos empíricos. Se o modelo falha, então deve-se modificá-lo e reintroduzi-lo no ciclo; ou rejeitá-lo, o que conduz a um retorno à etapa inicial do processo. No entanto, se o modelo produzido for bem sucedido na etapa de testes, passa-se à etapa 4, que é a avaliação, ou verificação das abrangências e limitações do modelo produzido.

Como o diagrama *Modelo de Modelagem* foi proposto a partir do estudo de como os cientistas elaboram modelos, o grande desafio inicial do grupo de pesquisa da professora Rosária Justi era fazer uma transposição das quatro etapas acima descritas para o processo de ensino. Este desafio foi encarado utilizando o referido diagrama como referencial teórico para a elaboração de atividades de ensino e para a orientação das ações dos professores envolvidos em tais situações de ensino. Nos contextos de salas de aulas regulares em que tais atividades foram utilizadas, foram conduzidas pesquisas visando investigar se e como os estudantes aprendiam o conteúdo científico envolvido (Maia & Justi, 2009; Mendonça & Justi, 2009a), assim como quais habilidades eles utilizam e/ou desenvolvem quando participam dessas atividades (Gilbert, Justi, & Queiroz, 2009; Justi, Gilbert, & Ferreira, 2009; Maia, 2009; Mendonça 2011).

A utilização de atividades baseadas no diagrama *Modelo de Modelagem* nunca objetivou substituir concepções alternativas dos estudantes por ideias científicas, mas sim promover a evolução das ideias dos estudantes ao longo das atividades realizadas, admitindo que novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com ideias anteriores, desde que cada uma delas seja empregada no contexto conveniente. Isso não significa que, ao final do processo, os estudantes utilizem concepções inadequadas ou não tenham nenhum contato com os modelos aceitos cientificamente. Nas discussões finais, o professor sempre deve discutir as semelhanças e diferenças entre os modelos elaborados

⁴ Condução de um experimento na mente através de integração de conhecimento intuitivo, pensamento lógico, imaginações construtivas, esquemáticas e testes de hipóteses (Reiner & Gilbert, 2004).

pelos estudantes e os aceitos cientificamente, de forma que eles entendam que foram capazes de elaborar modelos coerentes, mas com algumas limitações inerentes ao contexto. Assim, os estudantes podem aprender não só o conteúdo associado aos modelos, mas também alguns aspectos do processo de elaboração do conhecimento científico.

Hoje existem dois grupos cujo foco principal das pesquisas é o ensino de ciências fundamentado em modelagem. Apesar deste foco em comum, as abordagens são diferentes em alguns aspectos. O grupo da professora Rosária Justi, aqui na UFMG, utiliza o diagrama *Modelo de Modelagem* como subsídio teórico para auxiliar no processo de construção de modelos, enquanto o do professor John Clement, da Universidade de Massachusetts, nos Estados Unidos, utiliza o *ciclo GEM* (geração, avaliação e modificação do ciclo, figura 2.2). Apesar de o diagrama *Modelo de Modelagem* ter sido inspirado nos trabalhos iniciais de modelagem do professor Clement e, portanto, ser coerente com o ciclo GEM, vários aspectos dos trabalhos desenvolvidos pelos dois grupos de pesquisa são distintos, como comentado ao longo deste trabalho (e evidenciado por ele).

O Ciclo GEM

O ciclo GEM (figura 2.2) também deriva da análise do trabalho de cientistas e ilustra um processo cíclico de geração de hipóteses, realização de testes empíricos e racionais, e modificação ou rejeição de um modelo. Em outras palavras, o ciclo GEM é um processo no qual um modelo inicial é criticado e então revisado, originando uma série de modelos com um aumento de complexidade e sofisticação (Rea-Ramirez, Clement, & Nuñez-Oviedo, 2008). Assim, os principais aspectos que diferenciam essas abordagens são o detalhamento de cada uma das fases (apresentado no diagrama *Modelo de Modelagem*); e o reconhecimento, neste último, da existência de uma fase final de discussão de abrangências e limitações do modelo.

Paula Paganini Costa

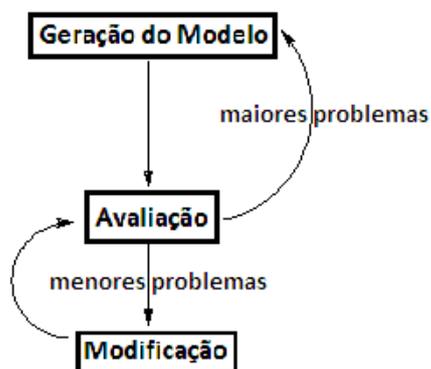


Figura 2.2. Ciclo GEM (Rea-Ramirez et al., 2008, p. 35).

Além disso, Rea-Ramirez et al. (2008) propõem uma estratégia chamada *Modelo Baseado em Co-construção*, que é uma tentativa de integrar elementos cognitivos e sociais no processo de ensino-aprendizagem. Segundo Clement, outros pesquisadores construtivistas já haviam usado o termo co-construção para descrever interações professor-estudante ou estudante-estudante em processos de instrução guiada. Entretanto, a maioria desses pesquisadores, não forneceu uma definição para o termo e não interpretou interações professor-estudante em termos de sua influência na construção de conhecimento.

A figura 2.3 apresenta o esquema de um grande grupo de discussão no qual ocorreu a co-construção. Ela pode ajudar professores a pensar sobre o seu papel e pode ser utilizada como guia no processo de construção de um modelo pelo estudante.

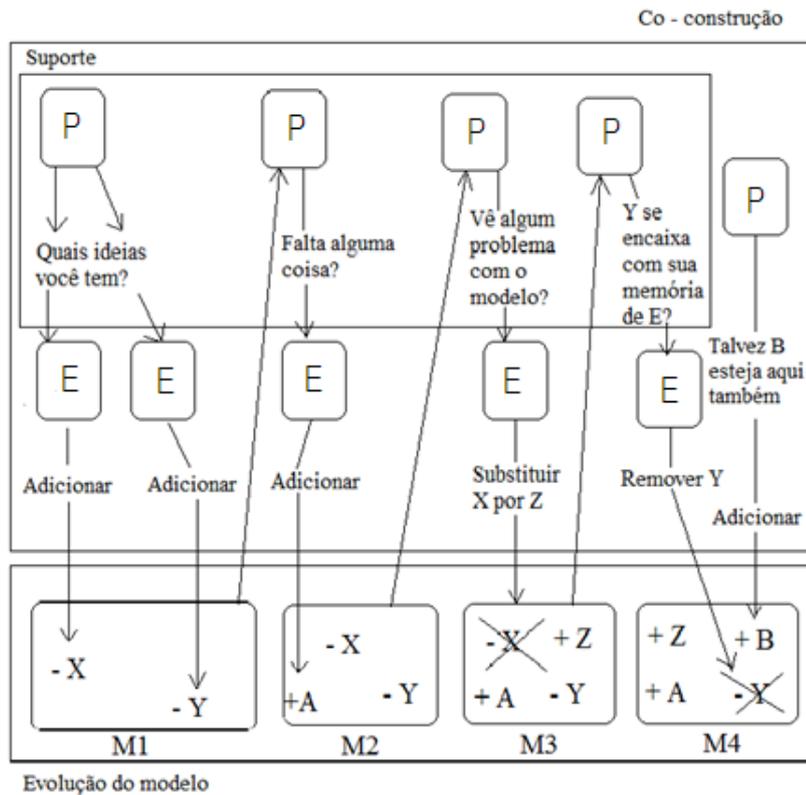


Figura 2.3. Ilustração dos processos de Evolução do Modelo, Suporte e Co-construção (Clement, 2008, p. 20). P = professor; E = estudantes; X, Y, A, Z, B = ideias dos estudantes; M = modelo intermediário.

Além disso, a figura 2.3 mostra a tendência da *Evolução do Modelo* em um grande grupo de discussão. Estudantes diferentes contribuem com ideias corretas e incorretas durante essa evolução. O professor primeiro destaca todos os tipos de ideias dos estudantes. A partir daí, ele levanta questões específicas de modo a gerar correções e adições no modelo original de modo a formar, eventualmente, modelos intermediários. O processo de formação de modelos intermediários continua até que o modelo alvo seja alcançado.

Se os estudantes possuem algum conhecimento prévio do tópico trabalhado, muitas ideias surgem dos estudantes e não do professor. Em outros casos, algumas avaliações e modificações serão feitas pelo professor quando metas específicas do conteúdo são uma prioridade, quando uma modificação não pode ser obtida dos estudantes e quando o professor sente que os estudantes estão prontos para receber novas informações. Tal padrão representa um processo de co-construção em que ambos, professor e estudantes, contribuem com ideias e com a avaliação das mesmas.

Segundo Clement (2008), durante o processo de co-construção, diferentes tipos de questões podem ser usadas para facilitar a construção do modelo mental e, mais profundamente, sondar o entendimento do estudante. Essas questões podem encorajar os estudantes a avaliar, revisar, generalizar e aplicar seu conhecimento.

No intuito de motivar uma revisão do modelo inicial, o professor pode utilizar dois tipos de questões: *questões suporte* e *questões discrepantes* (Clement, 2008). As questões suporte são desenvolvidas para ativar o conhecimento já existente do estudante, de forma a relacionar esse conhecimento a experiências e dados disponibilizados na modelagem, contribuindo para a geração e modificação de modelos.

As questões discrepantes foram definidas por Vosniadou (2002) e chamadas de *questões geradoras*. As questões geradoras não podem ser respondidas com base em fatos ou explicações previamente conhecidos. Nessas situações, as pessoas tendem a recorrer a seus conhecimentos implícitos em um esforço para encontrar informações relevantes. Para Clement (2008), as questões discrepantes são capazes de produzir uma divergência em relação ao modelo alvo, e podem fazer com que os estudantes corrijam ou façam adições em seu modelo inicial, formando um modelo intermediário. Esse processo continua com a formação de mais modelos intermediários, até que o modelo alvo seja alcançado. Para evitar confusões de nomenclatura, neste trabalho usaremos o termo *questões geradoras* para nos referirmos a este tipo de questão, menos nos momentos em que comentarmos os trabalhos do grupo do professor Clement.

Um exemplo de questão discrepante foi apresentado por Rea-Ramirez e Nuñez-Oviedo (2008), ao comentar uma discussão sobre o sistema pulmonar. O estudante possuía uma concepção alternativa de que os pulmões são simplesmente dois pequenos tubos conectando a garganta ao coração. Inicialmente, o professor pediu para que os estudantes desenhassem seus modelos de como o corpo recebe e utiliza o ar. O desenho inicial de um estudante mostra tubos enviando ar inalado diretamente para o coração. Em resposta ao desenho, ocorreu o diálogo apresentado na figura 2.4.

Professor: O que aconteceu?
Estudante: Os pulmões se tornaram maiores.
Professor: (Aponta para o desenho dos pulmões e então para os tubos conectados com as artérias) Por que ele faz isso se o ar está indo diretamente para o coração?
(*Questão Discrepante*)

Figura 2.4. Exemplo de questão discrepante (Rea-Ramirez & Nuñez-Oviedo, 2008, p. 201).

O professor também pode utilizar um *Modo de Competição*, onde ele incentiva os estudantes a contribuir para a discussão de modelos e/ou ideias apresentados anteriormente e que sejam contraditórios uns aos outros. Núñez-Oviedo e Clement (2008) argumentam que a presença de ideias contraditórias pode ser produtiva para estimular dissonância e raciocínio nos estudantes. O *Modo de Competição* não significa que o professor irá incentivar uma “competição por prêmio” dentro de sala. Em vez disso, o professor usa a discussão para dar suporte aos estudantes para comparar e fazer escolhas entre os modelos concorrentes.

Outros modos de co-construção como *Negação* e *Acréscimo* também podem ser utilizados. O *Modo de Negação* pode acontecer durante o *Modo de Competição*, quando um dos modelos iniciais é criticado e abandonado durante a discussão. O *Modo de Negação* é o resultado do aparecimento de um episódio de dissonância, que pode resultar no uso, pelo professor e pelos estudantes, de questões discrepantes, eventos discrepantes, um experimento mental, um comentário negativo etc. Quando um modelo concorrente, que não é compatível com o conceito alvo, é negado, ele não aparece mais na discussão em sala.

O *Modo de Acréscimo* acontece quando o professor pergunta ao estudante uma questão e este a responde com um elemento que é compatível com o desenvolvimento do modelo inicial. Em seguida, o professor avalia a resposta do estudante através de um comentário positivo. Para fazer esse comentário positivo, o professor pode usar palavras como “bom”, “ótimo”, “ok”, ou fazer uma próxima pergunta imediatamente. Como consequência desse padrão, há um acréscimo seletivo de elementos ao modelo, que é compatível com o alvo.

Os modos de *Competição*, *Negação* e *Acréscimo* são exemplificados através de um episódio em que o professor ajuda os estudantes a entender como a energia armazenada nas ligações da molécula de glicose é transferida para a molécula de ATP (figura 2.5). Segundo o modelo científico, esse processo ocorre dentro da mitocôndria.

O episódio começa quando o professor pede aos estudantes para que eles trabalhem individualmente desenhando e rotulando as partes da célula. O professor solicita que os estudantes indiquem em qual organela a energia contida na molécula de glicose será transferida para as moléculas de ATP e afirma que não existe problema em os estudantes escolherem mais de uma localização para a transferência de energia. Ele solicita que os estudantes compartilhem, comparem e discutam suas ideias dentro de pequenos grupos e anotem no quadro suas conclusões.

Professor: Onde a glicose será transformada dentro da célula?
Estudantes: Membrana celular / retículo endoplasmático / núcleo / mitocôndria. (*Modo de Competição*)
Professor: Qual é a função da membrana celular?
Estudantes: A membrana celular controla o movimento de substâncias na célula. (*Produção de uma dissonância*)
Professor: Esse é o lugar onde vai haver transformação de energia?
Estudantes: Não. (*Modo de Negação*)
Professor: Qual a função do retículo endoplasmático?
Estudantes: O retículo endoplasmático transporta.
Professor: Transporta o que?
Estudantes: Transporta substâncias (*Modo de Acréscimo*)
Professor: Por que não é o núcleo?
Estudantes: Núcleo controla o trabalho celular. (*Produção de uma dissonância / Modo de Negação*) Ah, é na mitocôndria.

Figura 2.5. Exemplo do processo de co-construção detalhando os modos e as interações, (Nuñez-Oviedo & Clement, 2008, p. 126).

Além dos modos discutidos anteriormente, também podemos considerar os modos de *Modificação* e *Confirmação*. O *Modo de Modificação* é similar ao *Modo de Negação*, exceto que ao invés de descartar um modelo, os estudantes o modificam de modo a repará-lo ou estendê-lo. Para que haja modificação do modelo, o professor deve questionar o estudante de modo a criar uma dissonância em relação ao modelo inicial. Pode-se identificar três subtipos do *Modo de Modificação*: adição de um elemento ao modelo; remoção de um elemento; e recolocação de um elemento.

No *Modo de Confirmação*, o professor e os estudantes fornecem evidências que suportam uma hipótese inicial. Devido a esse modo, a ideia inicial pode sobreviver à avaliação de professores ou estudantes.

Os modos de *Modificação e Confirmação* são exemplificados a partir de um episódio em que o professor ensina a unidade de circulação. O tópico ensinado diz respeito ao conceito de difusão como um processo de movimento das partículas da área de alta concentração para a área de baixa concentração.

Em uma primeira etapa, o professor colocou um ovo cru dentro de uma solução de vinagre e solicitou aos estudantes que fizessem observações durante um período de cinco dias para completar a atividade. Foi observado que a casca de ovo se dissolveu e que o ovo sem a casca aumentou seu tamanho. Em uma segunda etapa, o professor colocou o ovo com o tamanho aumentado no topo de uma jarra com xarope de milho de coloração verde. Depois de algum tempo, os estudantes observaram que o ovo encolheu (permitindo-lhes ver a gema através da membrana), e que a solução da jarra cheirava vinagre (pois o vinagre se difundiu para fora do ovo e flutuou na parte superior do xarope de milho). O diálogo que se seguiu é apresentado na figura 2.6.

<p>Estudante: O xarope de milho não entrou no ovo.</p> <p>Professor: Por que o xarope de milho não entrou no ovo?</p> <p>Estudante: O xarope de milho não entrou porque ele é muito grosso. (<i>Modo Modificação</i>)</p> <p>Professor: É muito grosso... De que o xarope de milho é feito?</p> <p>Estudante: É feito de moléculas de açúcar.</p> <p>Professor: Açúcar. O açúcar é muito grosso... então qual é o problema com isso? As moléculas podem ser muito o que?</p> <p>Estudante: As moléculas de açúcar são muito grandes para passar pelas membranas. (<i>Modo Modificação</i>)</p> <p>Professor: Muito grande para ser capaz de passar pela membrana. (<i>Modo Confirmação</i>)</p>

Figura 2.6. Exemplo do processo de co-construção detalhando os modos Modificação e Confirmação, segundo(Nuñez-Oviedo & Clement, 2008, p. 185).

Como destacado a partir do trabalho de Clement, o professor desempenha um papel fundamental no aprendizado do estudante. Ele é responsável por mediar o conhecimento pré-existente do estudante, guiar o conhecimento através de suas explicações de modo a fazer

com que o estudante atinja os mais altos níveis de raciocínio, ajudar o estudante a desenvolver noções científicas em cooperação com seus colegas, a desenvolver a noção científica de um modelo etc.

Apesar de Clement destacar a importância do professor no processo de aprendizagem, em nenhum momento ele destaca o papel fundamental que os próprios estudantes desempenham no aprendizado de seus colegas. Os estudantes podem discutir ideias sobre um determinado fenômeno, tentar criar explicações para suas observações, discutir a plausibilidade de suas ideias, ou até mesmo fazer deduções promissoras. Esses são exemplos de tipos de colaboração entre os estudantes que, no nosso ponto de vista, poderiam gerar mudança conceitual.

Apesar de parecerem interessantes, os exemplos utilizados por Clement mostram o processo de co-construção de forma linear e em que a mudança conceitual é alcançada de forma rápida e direta, bastando que o professor utilize as questões certas para que a mudança conceitual seja alcançada. Clement não leva em consideração as características únicas de cada estudante e, portanto, não considera que o professor utilizar alguns tipos de questões com sucesso durante a aplicação de uma atividade, em determinada aula, não é garantia de sucesso quando os mesmos tipos de questões forem utilizados com um grupo diferente de estudantes.

Habilidades Manifestadas pelos Estudantes

Acreditamos que o estudante deve ser sujeito ativo de seu processo de aprendizagem, desenvolvendo, além de conteúdo, diversas habilidades. Neste sentido, acreditamos que diferentes questões utilizadas pelo professor podem ajudar os estudantes a manifestar diferentes tipos de habilidades.

Um ensino investigativo de ciências deve promover o desenvolvimento do conhecimento de forma mais ativa pelo estudante, isto é, através de atividades em que o estudante é um sujeito que conduz a investigação. Isto permite não só o desenvolvimento do conhecimento sobre como a Ciência é construída, mas também proporciona o desenvolvimento de habilidades durante a condução do processo (Zohar, 2004). Nesse sentido, acreditamos que atividades de modelagem aproximam os estudantes do processo de construção da própria Ciência, favorecendo o desenvolvimento de habilidades que são requeridas nesse processo.

Ao pensar nas habilidades que podem ser desenvolvidas pelos estudantes, podemos nos focar nas *habilidades de alta ordem*. As habilidades de alta ordem não podem ser definidas exatamente, mas podem ser reconhecidas quando acontecem. Algumas características dessas habilidades são: não são algorítmicas, tendem a ser complexas, frequentemente apresentam múltiplas soluções etc. (Zohar, 2004). Considerando essas características, podemos citar como exemplos de habilidades de alta ordem: a formulação de hipóteses, a elaboração de conclusões, a resolução de problemas, a tomada de decisões, a identificação de suposições etc. (McGregor, 2007). A produção de argumentos pelos estudantes também será considerada, por nós, como uma habilidade de alta ordem.

Como as atividades de modelagem estão associadas a um processo investigativo em que os estudantes argumentam, nos parece coerente acompanhar as habilidades investigativas e argumentativas manifestadas pelos estudantes nesse contexto.

Argumentação no Ensino de Ciências

Uma ferramenta importante para tentar atender às exigências contemporâneas para o ensino de ciências são as atividades que favorecem a argumentação. Muitos estudos no contexto do Ensino de Ciências têm se focado na análise do discurso argumentativo nos contextos de sala de aula e na importância da argumentação no desenvolvimento e entendimento do conhecimento científico (Simon, 2008).

O livro *Os Usos do Argumento*, de Stephen Toulmin (1958) é um marco no estudo da argumentação. A publicação desse livro despertou o interesse dos teóricos para o estudo do campo da teoria da argumentação, pois nele Toulmin rompeu com o campo tradicional da lógica formal⁵ e se focou no estudo de como as pessoas argumentam em situações do dia-a-dia.

Toulmin define argumento como sendo uma afirmativa acompanhada de sua justificativa. Ele propõe um modelo, representado na figura 2.7, que identifica os elementos básicos que compõem um argumento e as relações entre esses elementos.

⁵ A lógica formal tem como intuito criar meios de garantir que nosso pensamento proceda corretamente a fim de chegar a conhecimentos verdadeiros. No trabalho de Aristóteles, os argumentos demonstrativos (aqueles designados para se chegar a uma certeza absoluta) foram estudados no domínio da lógica formal a partir de raciocínios silogísticos. Um exemplo clássico de silogismo é: Sócrates é homem, todos os homens são mortais; logo, Sócrates é mortal.

Paula Paganini Costa

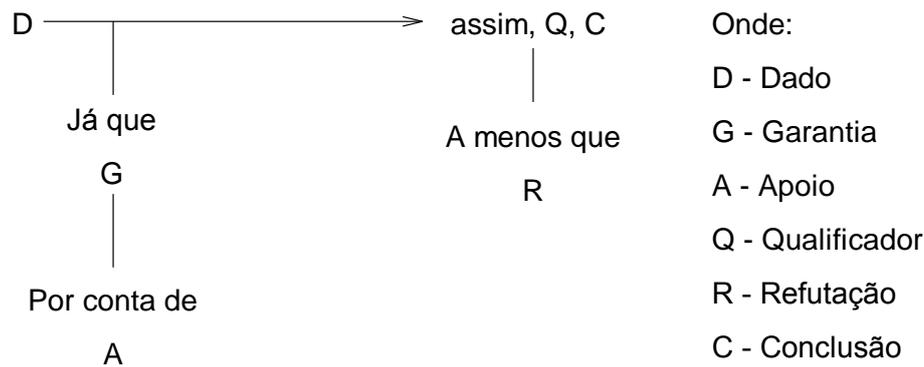


Figura 2.7. Elementos do modelo de Toulmin (1958, p.148) e suas relações.

Segundo este esquema, um argumento é constituído por seis componentes:

- *Dados*: evidências que suportam uma afirmativa.
- *Conclusão*: afirmativa cujo mérito deverá ser estabelecido.
- *Garantia*: afirmativa que justifica as conexões entre dados e conclusão.
- *Apoio*: afirmativa que justifica a garantia.
- *Qualificador*: elemento que qualifica a conclusão em função da ponderação entre os elementos justificatórios e de refutação.
- *Refutação*: elemento que especifica em que condições a garantia não é válida para dar suporte à conclusão.

O livro “The Skills of Argument” de Deanna Kuhn (1991) é significativo no que diz respeito aos estudos sobre aprender a argumentar. Nele, ela apontou cinco habilidades como inerentes ao ato de argumentar:

- *Formular argumento*: gerar teoria causal subsidiada por evidência.
- *Formular teoria alternativa*: propor um ponto de vista diferente do inicial subsidiado por alguma evidência.
- *Formular contra-argumento*: pensar em um argumento que inclua uma evidência que invalide a teoria causal inicial.
- *Refutar*: combater o argumento do outro.
- *Analisar evidências*: checar a validade de uma hipótese.

De acordo com Billig (1987), o propósito da argumentação seria justificar uma opinião ou refutar um ponto de vista oposto. A argumentação teria por finalidade aumentar (ou diminuir) a aceitabilidade de um ponto de vista a partir de justificativas que visam o

convencimento de uma audiência: o próprio sujeito, um interlocutor ou uma variedade de pessoas.

Segundo van Manen (1990, apud Vieira & Nascimento, 2008), existem quatro pontos que justificam a necessidade do desenvolvimento de uma prática argumentativa em sala de aula: os estudantes podem vivenciar as práticas e discursos da ciência normal, aprendendo sobre ciência; a construção de argumentos pode tornar os pensamentos dos estudantes mais visíveis, representando uma ferramenta de avaliação e auto-avaliação; a argumentação pode contribuir para desenvolver diferentes formas de pensar para promover uma participação mais ativa dos estudantes e uma interação maior no contexto de sala de aula; e, através da argumentação, os estudantes podem se tornar produtores de conhecimento acerca do mundo natural e não apenas consumidores.

Acreditamos que, no contexto de sala de aula, a argumentação pode ser favorecida por ações específicas do professor, como por exemplo, a utilização de diferentes tipos de questões. Isto pode se relacionar ao papel do professor em favorecer a manifestação de habilidades pelos estudantes, durante o processo de co-construção. Por isso, faz-se necessário uma análise mais aprofundada do processo de co-construção, identificando as questões mais relevantes utilizadas pelo professor que fazem com que os estudantes manifestem diversas habilidades e construam conhecimento.

Questões de Pesquisa

Neste trabalho será atribuído ao termo co-construção o significado de um processo no qual há interações entre professor e estudante(s), ou entre os próprios estudantes, que resulta em construção de conhecimento científico.

A partir do referencial apresentado anteriormente, os objetivos deste trabalho podem ser traduzidos nas seguintes questões de pesquisa:

1. Quais são os principais elementos da atuação do professor no sentido de favorecer o processo de co-construção em um contexto de ensino fundamentado em modelagem?
2. Quais são as habilidades investigativas e argumentativas manifestadas pelos estudantes durante o processo de co-construção?
3. É possível que os próprios estudantes fomentem o processo de co-construção dos colegas? Como?

CAPÍTULO 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Pesquisa Qualitativa

Atualmente, podemos falar que a pesquisa qualitativa ocupa um lugar reconhecido entre as várias possibilidades de se estudar fenômenos que envolvem os seres humanos. Na abordagem qualitativa, considera-se que um fenômeno pode ser melhor entendido se o pesquisador estiver presente no local de origem dos dados e se os coletar de maneiras variadas. Além disso, o pesquisador deve analisar os dados obtidos em uma perspectiva integrada, buscando complementar os dados obtidos em diferentes fontes. Portanto, é importante que, no processo de coleta e análise dos dados, o pesquisador considere tanto as perspectivas das pessoas nele envolvidas quanto todos os pontos de vista relevantes e, a partir daí, busque situar sua interpretação dos fenômenos estudados (Godoy, 1995).

Na pesquisa qualitativa, é comum que os procedimentos metodológicos sejam modificados ao longo do seu desenvolvimento. Isto é coerente com a visão de que os fenômenos são dinâmicos. Além disso, o desenvolvimento de um estudo de pesquisa qualitativa supõe um corte temporal-espacial de determinado fenômeno por parte do pesquisador. É esse corte que define o campo e a dimensão em que o trabalho se desenvolverá. O trabalho de análise dos dados coletados possui um caráter descritivo, o que é fundamental em uma pesquisa qualitativa (Neves, 1996).

Este trabalho se enquadra em uma pesquisa qualitativa, pois fizemos uma imersão no local da pesquisa para a coleta dos dados e nos comprometemos a analisar os dados de uma forma descritiva e contextualizada.

Coleta de Dados e Sujeitos

Em 2009, tive a chance de participar, como pesquisadora auxiliar, da pesquisa de uma aluna de Doutorado, no contexto da qual obtivemos os dados utilizados neste trabalho. Inicialmente, os dados foram coletados com o objetivo de investigar como atividades de ensino-aprendizagem podem influenciar o desenvolvimento de capacidades argumentativas dos estudantes. Por isso, tentamos registrar o máximo de discussões entre os estudantes e deles com a professora.

Além de participar ativamente no processo de coleta e de analisar os vídeos provenientes das aulas, tive a oportunidade de transcrever as aulas que foram filmadas. Entretanto, a transcrição não foi um processo apenas mecânico. O texto final foi constituído a

Paula Paganini Costa

partir da integração do registro de falas, de fotos dos modelos produzidos pelos estudantes, do registro dos gestos utilizados pelos estudantes durante as suas explicações. Isto foi feito sem auxílio de um software específico. Essa transcrição detalhada deixou evidente para mim a riqueza dos dados para subsidiar a realização de minha pesquisa de Mestrado. Isto viabilizou a realização deste trabalho a partir dos mesmos dados utilizados pela aluna de Doutorado.

A pesquisa foi realizada em uma escola pública (estadual) de Belo Horizonte, no turno da noite, assim que aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais. A aluna de Doutorado julgou que seria relevante pesquisar em uma escola pública estadual por retratar bem as condições gerais de ensino no Brasil. Além disso, a disponibilidade e interesse da professora que trabalha naquela escola em participar da pesquisa foi um fator determinante na escolha. O período de coleta de dados compreendeu os meses de fevereiro a julho de 2009.

A turma pesquisada era constituída por 38 estudantes do segundo ano do ensino médio e foi escolhida por ser a única turma da professora em que as três aulas de química semanais ocorriam em apenas dois encontros, facilitando a coleta de dados. Nessa escola, o estudo de ligações químicas acontece no segundo ano, sendo este o motivo da escolha da série. Todos os grupos de estudantes foram formados sem a interferência da professora, sendo que um grupo era formado por quatro componentes, outro por seis componentes e os demais quatro grupos por sete componentes. A turma era composta por estudantes de diferentes faixas etárias, variando dos 16 a 40 anos. Os estudantes da turma pesquisada não estavam acostumados com aulas em que eles precisassem discutir em grupos ou expressar suas ideias para a turma.

Apesar da existência de um laboratório de ciências bem equipado, os estudantes não tinham o costume de utilizá-lo. No primeiro ano do ensino médio, os estudantes haviam estudado propriedades dos materiais, modelo de partículas, modelos atômicos, tabela periódica e aspectos qualitativos de reação química, com a mesma professora. A maioria dos estudantes da turma havia cursado o primeiro ano do ensino médio naquela mesma escola.

A coleta de dados foi realizada a partir de entrevistas individuais semiestruturadas antes e após o ensino por modelagem, assim como do acompanhamento de todas as aulas de modelagem, que foram registradas em vídeo (totalizando cerca de 20 horas) e da cópia de todas as atividades escritas produzidas pelos estudantes. Entretanto, considerando a natureza

das questões de pesquisa investigadas neste trabalho, os dados que utilizei são somente aqueles oriundos das gravações das aulas.

A professora é licenciada em Química e especialista em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Minas Gerais. Quando do início da pesquisa, ela tinha seis anos de experiência como professora de Química e já havia trabalhado em escolas públicas e particulares. A professora nunca havia trabalhado com o processo de modelagem. Entretanto, ela já havia trabalhado com atividades investigativas e tinha experiência com atividades dialógicas em sala de aula – o que poderia resultar em transferência de habilidades pedagógicas de um processo para o outro.

A aluna de Doutorado precisou discutir temas relacionados à modelagem com a professora, de modo que ela fosse capaz de aplicar e trabalhar as atividades de construção de modelos em sua turma. Essas discussões se iniciaram em fevereiro de 2009. Além disso, a professora recebeu um texto com informações sobre o diagrama *Modelo de Modelagem* e seu uso no ensino. O material contendo as atividades da unidade didática para o ensino de ligações iônicas também foi entregue para a professora para que ela conhecesse especificamente cada atividade. A professora aplicou a unidade didática fundamentada em modelagem para o tema ligação iônica (Apêndice1) entre os meses de março e abril, durante 18 horas/aula, realizadas no laboratório. A aluna de Doutorado se reuniu com a professora duas vezes por semana, nos horários vagos da professora na escola, para que elas discutissem especificamente sobre cada atividade de modelagem. Entretanto, não foram discutidos os aspectos sobre co-construção comentados anteriormente.

A aluna de Doutorado possui vasta experiência na condução de atividades de modelagem, tendo realizado seu Mestrado na área e tendo participado (como pesquisadora) de um projeto de formação de professores cujo tema era o ensino fundamentado em modelagem.

Contexto de Ensino: A Unidade Didática para o Ensino do Tema Ligação Iônica

Como comentado anteriormente, os dados que subsidiaram o desenvolvimento desta pesquisa foram coletados no contexto de aplicação de atividades fundamentadas em modelagem para o ensino de ligações iônicas (Apêndice). Essas atividades foram desenvolvidas pela aluna de Doutorado em sua dissertação de Mestrado (Mendonça, 2008) e por sua orientadora, Rosária

Paula Paganini Costa

Justi. Essas atividades já foram aplicadas e validadas em vários contextos de ensino. Durante a realização dessas atividades, os estudantes foram incentivados a expressar suas ideias e defendê-las entre eles e com a professora, o que possibilitou a obtenção dos dados para esta pesquisa.

A Atividade 1 tem como objetivo fazer com que os estudantes entendam o significado de modelo na ciência, conseguindo, então, distingui-lo do significado cotidiano desta palavra. Os estudantes devem classificar diferentes sistemas como modelo, ou não, e justificar. Segundo Mendonça e Justi (2009a), é muito importante que os estudantes possam discutir sobre o que são modelos, suas utilidades e suas limitações de forma mais geral, pois tal discussão pode ampliar seus conhecimentos sobre modelos na ciência, contribuindo para a aprendizagem sobre ciência (objetivos explicitamente buscados no ensino fundamentado em modelagem). Essa atividade possibilita a expressão das principais ideias dos estudantes sobre modelos, o que favorece discussões em busca de um consenso da turma.

A Atividade 2 inicia o contato dos estudantes com as atividades de modelagem. Nela, os estudantes são solicitados a elaborar um modelo que explique a ação de uma cola fictícia que une papel e madeira instantaneamente.

A Atividade 3 é a primeira atividade relacionada ao conteúdo de ligações químicas. Segundo Mendonça e Justi (2009a), essa atividade tem como objetivo oferecer aos estudantes uma noção geral sobre ligação química e energia a partir: da compreensão de que a quebra de ligações ocorre com absorção de energia e a formação de ligações ocorre com liberação de energia; da oportunidade de pensar na relação entre abaixamento de energia e estabilidade do sistema em função das ligações químicas; e da compreensão da ligação química como um equilíbrio de forças atrativas e repulsivas. Essa Atividade foi pensada em relação à etapa *elaboração de um modelo mental* do Diagrama *Modelo de Modelagem* (figura 2.1), no sentido de desenvolver ou disponibilizar alguns dos pré-requisitos necessários à construção de modelos para substâncias iônicas (Atividade 5), à reformulação de modelos em virtude da análise de dados energéticos (Atividade 7) e ao entendimento da energia de rede (Atividade 8).

A Atividade 4 tem como objetivo fazer com que os estudantes relacionem a formação de íons com explicações envolvendo energia e forças de atração. Os estudantes devem propor um modelo para a formação de íons (nesse caso os íons sódio e cloreto), utilizando dados de 1ª energia de ionização e afinidade eletrônica. Segundo Mendonça e Justi (2009a), essa

Paula Paganini Costa

Atividade também foi pensada em relação à etapa *de elaboração de um modelo mental* do Diagrama *Modelo de Modelagem*, no sentido de desenvolver ou disponibilizar alguns dos pré-requisitos necessários à construção de modelos para substâncias iônicas.

Na Atividade 5, os estudantes devem propor um modelo para a substância cloreto de sódio, após a evaporação da água presente em uma solução de cloreto de sódio. Segundo Mendonça e Justi (2009a), essa Atividade se relaciona às etapas de *elaboração e expressão de um modelo em algum dos modos de representação*. Para a construção dos modelos, foram fornecidos diversos materiais: bolinhas de isopor de tamanhos diferentes, massinha de modelar de diferentes cores, palitos de madeira, molas plásticas, ímãs e lápis de cor. Todos os materiais foram disponibilizados para que cada grupo de estudantes pudesse escolher livremente quais seriam mais adequados para expressar seu modelo.

Na Atividade 6, os estudantes podem testar seus modelos elaborados na Atividade 5, para tentar explicar a elevada temperatura de fusão do cloreto de sódio. Se os estudantes perceberem incoerências nos seus modelos, eles devem propor um novo modelo que seja compatível com a evidência experimental apresentada na mesma.

Na Atividade 7, os estudantes têm uma nova experiência para testar os seus modelos. Eles devem tentar explicar a quantidade de energia liberada na formação de um mol de pares Na^+Cl^- e de um mol de íons utilizados na formação de uma rede. Segundo Mendonça e Justi (2009a), essa Atividade também se relaciona à *condução de experimentos mentais*. Essa é mais uma chance de validar os modelos em rede e descartar os modelos 'NaCl molécula' a partir de discrepâncias dos mesmos com as evidências.

Ainda segundo Mendonça e Justi (2009a), a Atividade 8 foi construída com o intuito de ampliar os conhecimentos dos estudantes sobre ligação iônica, de forma a possibilitar a utilização de seus modelos resultantes da atividade anterior para explicar a dureza e a tenacidade de compostos iônicos. Essa Atividade foi planejada para favorecer a ocorrência da etapa de *avaliação da abrangência e das limitações do modelo*.

Análise de Dados

Neste tópico, discutimos como foram selecionados os trechos analisados, como definimos as categorias de análise e como fizemos a análise dos dados obtidos.

Identificação dos momentos de co-construção

Como afirmado anteriormente, a co-construção foi definida nesse trabalho como sendo o processo no qual há interações entre o professor e o(s) estudante(s), ou entre estudantes, que resulta em construção do conhecimento do(s) estudante(s).

Então, para identificar os momentos de co-construção, identificamos todos os trechos da transcrição das aulas nos quais os estudantes claramente modificaram suas ideias. Isto não significa que eles precisassem chegar a uma ideia cientificamente aceita para que os trechos fossem selecionados. O importante era existirem evidências de que elas haviam sido modificadas durante a realização das atividades.

É importante ressaltar que não consideramos que um estudante tenha modificado uma ideia apenas em função de ele ter expressado uma ideia diferente da original. Consideramos que a modificação de uma ideia ocorreu quando a nova ideia foi efetivamente utilizada no processo para subsidiar novas discussões ou alguma etapa do processo de modelagem. Sendo assim, muitas vezes só tivemos a confirmação de que uma determinada ideia foi modificada em momentos futuros em relação a uma determinada discussão (às vezes ocorridos em aulas distintas). Nesses casos, visando viabilizar a análise, definimos o fim de um trecho selecionado identificando o turno de fala em que a nova ideia foi expressa com convicção pela primeira vez.

Para tanto, foi preciso que todas as aulas fossem transcritas e perscrutadas exaustivamente. Como tivemos a oportunidade de transcrever as aulas – processo bastante lento, mas que favorece um conhecimento detalhado de todos os acontecimentos registrados – consideramos que os trechos foram identificados com precisão. Além disso, as evidências que justificam a co-construção em cada um dos trechos foram intensamente discutidas com a orientadora deste trabalho. Assim, um trecho só foi efetivamente selecionado após completa concordância nesse processo de triangulação.

Definição das categorias de análise dos momentos de co-construção

Como a co-construção implica na ocorrência de interações entre os estudantes ou deles com a professora, decidimos caracterizar esse processo a partir da identificação das ações da professora que favoreceram a ocorrência do mesmo e das habilidades manifestadas pelos estudantes em cada momento.

Visando categorizar as ações da professora, buscamos caracterizar cada uma de suas falas em termos dos resultados obtidos com a mesma. A partir dessa caracterização inicial, propusemos as categorias apresentadas no quadro 3.1. Tanto o processo de proposição quanto o de descrição das categorias foi conduzido a partir de triangulação entre juízes (a autora desta Dissertação e sua orientadora). Não acreditamos que as ações apresentadas no quadro 3.1 sejam as únicas ações do professor possíveis de ser identificadas; elas foram as ações que observamos nos trechos selecionados neste trabalho.

Como algumas dessas ações envolvem questionamentos, buscamos identificar também quais questões da professora poderiam ser caracterizadas como *questões geradoras*. Como comentado anteriormente, tais questões são mais desafiadoras para quem tem que respondê-las, uma vez que é preciso recorrer aos conhecimentos prévio para encontrar informações relevantes. Por isso, outros trabalhos conduzidos em nosso grupo de pesquisa já as identificaram como importantes em processos de ensino fundamentados em modelagem (Maia & Justi, 2009; Mendonça, 2011; Mendonça & Justi, 2009a, 2009b). Entretanto, em nenhum dos trabalhos anteriores as consequências da utilização dessas questões foram estudadas no nível de profundidade permitido pela metodologia deste trabalho. Assim, as ações identificadas no quadro 3.1 com os códigos A6, A7, A8 e A9 poderiam ou não estar associadas a questões geradoras. A ordem de codificação dessas ações foi definida somente na etapa final de análise dos resultados e, portanto, é explicada posteriormente, quando a necessidade de explicitar o significado da mesma emergir e fizer sentido no contexto da discussão.

Quadro 3.1. Ações da professora durante a co-construção.

CÓDIGO	AÇÃO
A1	Dar informação sobre a atividade, questionar o estudante sobre o entendimento da atividade (ou de alguma parte/questão) dela ou reelaborar alguma questão.
A2	Favorecer a participação de outros estudantes nas discussões em grupo.
A3	Explicar um determinado problema ou fornecer alguma informação para favorecer o entendimento do estudante sobre o mesmo.
A4	Fornecer um contra exemplo ao estudante para favorecer o seu entendimento de um determinado problema ou de uma determinada situação.
A5	Sintetizar ideias expressas anteriormente.

A6	Questionar o estudante sobre o entendimento adequado de observações empíricas.
A7	Questionar o estudante sobre os conhecimentos prévios necessários para a realização da atividade.
A8	Questionar o estudante sobre os códigos de representação utilizados por ele em seus modelos.
A9	Questionar o estudante sobre suas hipóteses, ideias ou modelos atuais.

Para a identificação das habilidades que podem ser manifestadas pelos estudantes durante atividades de modelagem, estudamos sobre habilidades necessárias à participação de um indivíduo em atividades investigativas (Gilbert, 2005; Gilbert, 2008; Gilbert et al., 2009; Kozma & Russel, 2005; Kuhn, 1991; Maia & Justi, 2009, Mathewson, 1999; McGregor, 2007; Schwarz & White, 2005; Zohar, 2004) Isto resultou na proposição de uma extensa lista que utilizamos em uma análise preliminar dos trechos selecionados. No processo de discussão dessa análise preliminar, tanto as habilidades quando seus descritores foram refinados visando a adequação dos mesmos à realidade da situação analisada. Isto resultou no quadro 3.2, que apresenta as habilidades efetivamente encontradas em nosso estudo. Após a proposição do quadro 3.2, todos os trechos foram novamente analisados e discutidos pela autora deste trabalho e por sua orientadora visando validar tanto o conteúdo do quadro 3.2 quanto a própria análise. Assim, foi possível propor uma descrição clara de cada habilidade identificada, bem como identificar os momentos em que essas habilidades se manifestam. Como no caso das ações da professora, a ordem de codificação das habilidades dos estudantes também foi definida somente na etapa final da análise. Por isso, os critérios que fundamentaram a definição dessa ordem também são apresentados posteriormente.

Quadro 3.2. Descrição das habilidades manifestadas pelos estudantes durante o processo de co-construção.

CÓDIGO	HABILIDADE	DESCRIÇÃO DA HABILIDADE
H1	Expressar entendimento da atividade.	Esclarecer o objetivo de uma questão ou procedimento experimental para os colegas.
H2	Expressar dúvida.	Mostrar que não entende determinado assunto se expressando com afirmações do tipo: não sei, não entendi etc.
H3	Formular questões.	Questionar a professora ou os colegas de grupo com o

		objetivo de entender melhor algum problema.
H4	Levantar hipóteses.	Formular hipóteses com o objetivo de responder uma questão ou solucionar alguma situação problema.
H5	Utilizar conhecimentos prévios.	Estabelecer relações entre algum de seus conhecimentos prévios e o sistema em estudo.
H6	Analisar e interpretar dados empíricos.	Analisar dados empíricos (primários ou secundários) e tentar chegar a conclusões.
H7	Elaborar e/ou usar analogias.	Analisar um sistema a partir da produção e/ou utilização de uma analogia.
H8	Interpretar códigos de representação.	Saber interpretar códigos de representação de outros modelos, ou seja, de modelos que não foram elaborados pelo próprio estudante.
H9	Elaborar, utilizar e/ou explicar códigos de representação em seus modelos (concretos ou desenhos) de forma coerente ⁶ .	Propor e usar códigos de representação em seus modelos de forma coerente.
H10	Comunicar ideias de forma clara.	Saber expor ideias com clareza e coerência perante a professora e os colegas de sala.
H11	Formular argumento.	Gerar teoria causal subsidiada por evidência, isto é, explicar o porquê de algo usando evidências.
H12	Formular teoria alternativa.	Propor um ponto de vista diferente de seu ponto de inicial subsidiado por alguma evidência.
H13	Refutar	Combater o argumento do outro.

Mais uma vez, não é possível dizer que essas são as únicas habilidades que podem ser manifestadas pelos estudantes em atividades de modelagem, mas elas foram as habilidades que observamos nos trechos selecionados neste trabalho. Outras habilidades importantes, por exemplo, a de *analisar evidências*, que visa checar a validade de uma hipótese, e *contra-argumentar*, pensar em um argumento que inclua uma evidência que invalide a teoria causal inicial (Kuhn, 1991), foram identificadas em outros trechos transcritos, mas que não foram selecionados como trechos que exemplificam o processo de co-construção.

⁶ O significado que adotamos para “coerente” neste trabalho não se relaciona à forma “correta” ou “científica” de se expressar uma ideia, e sim ao fato de a ideia “fazer sentido” no contexto em que foi expressa.

Execução da análise dos dados

A categorização das ações da professora foi feita a partir da utilização do quadro 3.1. Quando uma determinada fala da professora podia ser categorizada em mais de uma ação, ela foi dividida em turnos diferentes e consecutivos (ver quadros de resultados).

A categorização das habilidades manifestadas pelos estudantes foi um pouco mais complexa. Quando tentamos fazer isto usando apenas o quadro 3.2, nos deparamos com algumas dúvidas que não eram esclarecidas pela recorrência, ou melhora, dos descritores das mesmas. Para nos auxiliar nessa tarefa, associamos aos descritores de cada habilidade uma caracterização dos momentos em que elas eram manifestadas (quadro 3.3). Tal caracterização foi proposta a partir dos próprios dados, considerando as categorizações nas quais inicialmente não tivemos nenhuma dúvida.

Quadro 3.3. Características dos momentos em que as habilidades são manifestadas pelos estudantes durante a co-construção.

CÓDIGO	HABILIDADE	CARACTERIZAÇÃO DO MOMENTO
H1	Expressar entendimento da atividade.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta explicar para um colega algum detalhe da atividade.
H2	Expressar dúvida.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante responde aos colegas ou à professora através de uma afirmativa que expressa sua dúvida.
H3	Formular questões.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tem dúvida sobre o objetivo da atividade (ou de alguma parte dela). ▪ O estudante tem dúvida sobre a condução do experimento empírico. ▪ O estudante tem dúvida sobre alguma questão. ▪ O estudante tem dúvida sobre o conteúdo que está sendo trabalhado. ▪ O estudante tenta se lembrar de algo que pode ser útil para resolver algum problema. ▪ O estudante solicita a confirmação da professora em relação a alguma ideia expressa por ele ou por seus colegas.
H4	Levantar hipóteses.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tem dúvida em relação a um experimento realizado. ▪ O estudante tem dúvida sobre o conteúdo que está sendo trabalhado. ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora ou pela atividade. ▪ O estudante demonstra estar curioso sobre

Paula Paganini Costa

		determinado assunto.
H5	Utilizar conhecimentos prévios.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora ou pela atividade. ▪ O estudante tenta elaborar um modelo. ▪ O estudante tenta explicar um modelo ou ideia.
H6	Analisar e interpretar dados empíricos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora ou pela atividade (sobre um experimento).
H7	Elaborar e/ou usar analogias.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora ou pela atividade. ▪ O estudante tenta elaborar um modelo. ▪ O estudante discute com os colegas.
H8	Interpretar códigos de representação.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta entender uma questão feita pela professora ou pela atividade. ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora ou pela atividade.
H9	Elaborar, utilizar e/ou explicar códigos de representação em seus modelos (concretos ou desenhos) de forma coerente.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora ou pela atividade. ▪ O estudante tenta elaborar um modelo. ▪ O estudante tenta explicar um modelo ou uma ideia usando um modelo elaborado anteriormente.
H10	Comunicar ideias de forma clara.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante sintetiza de forma clara uma ideia que já vem sendo discutida no grupo.
H11	Formular argumento.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora, pela atividade, ou pelos colegas. ▪ O estudante discute com os colegas.
H12	Formular teoria alternativa.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora, pela atividade, ou pelos colegas. ▪ O estudante discute com os colegas.
H13	Refutar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudante tenta responder uma questão feita pela professora, pela atividade, ou pelos colegas. ▪ O estudante discute com os colegas.

Também no caso das falas dos estudantes, algumas vezes foi necessário dividir uma fala em mais de um turno. Isto foi feito quando duas ou mais habilidades foram expressas em uma mesma fala e tal fala pode claramente ser dividida de forma que cada parte pudesse ser associada a uma habilidade específica. Outras vezes, um mesmo turno parecia evidenciar habilidades diferentes. Neste caso, optamos por associar àquele turno a categoria mais evidente.

Paula Paganini Costa

A análise das ações da professora e das habilidades manifestadas pelos estudantes foi feita pela autora deste trabalho e por sua orientadora de forma independente. Em seguida, os resultados foram comparados e todas as discordâncias foram discutidas até ser atingido um consenso. Esse processo de triangulação entre juízes foi utilizado para buscar garantir a validade da análise.

Na etapa seguinte, visando caracterizar os diversos processos de co-construção, buscamos estabelecer relações entre os tipos de ação da professora e as habilidades manifestadas pelos estudantes, assim como entre habilidades específicas manifestadas nas discussões entre os estudantes. Isto foi feito a partir da plotagem dessas ações e habilidades em função dos turnos de fala. Tal processo resultou na produção de gráficos que favoreceram, sobretudo, a visualização da dinâmica de cada uma das discussões apresentadas nos quadros de resultados. Isto permitiu não só discutir esses resultados, mas também categorizar e caracterizar os momentos de co-construção de uma forma geral.

Finalmente, para respondermos nossa última questão de pesquisa, buscamos estabelecer relações entre os diferentes tipos de momentos de co-construção e as etapas do processo de modelagem.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Comentários Iniciais

Como comentado no capítulo anterior, a etapa inicial da obtenção dos resultados deste trabalho foi a seleção dos trechos das aulas em que é possível identificar o processo de co-construção. A seguir, identificamos as ações do professor que favoreceram o processo de co-construção, bem como as habilidades que foram manifestadas pelos estudantes durante o processo. Tais resultados são apresentados neste capítulo nos quadros 4.1 a 4.18. Neles, assim como nos capítulos seguintes, os sujeitos são identificados por códigos: **P** para a professora, **ExGn** para os estudantes, onde 'x' é o número que os identifica, e 'n' é o número que identifica o grupo. Os trechos selecionados são apresentados de acordo com as atividades em que eles ocorreram e codificados como **TyGn**, onde 'y' é o número de ordem daquele trecho para aquele grupo. Além disso, as ações do professor que envolvem questões geradoras são assinaladas com asterisco precedendo o código da mesma. Em relação aos argumentos produzidos pelos estudantes, nós os sublinhamos quando estes aparecem no turno de fala. Em relação à identificação dos mesmos, é importante lembrar que foi o contexto que permitiu identificar que ali existia um argumento.

Os títulos dos quadros 4.1 a 4.18 foram elaborados de forma a identificar o grupo que participou da discussão, a atividade na qual ela ocorreu e as evidências de que aquela discussão resultou em co-construção, isto é, o conhecimento ou dúvida inicial dos estudantes e o conhecimento final dos mesmos. É importante lembrar que, em todos os trechos, um conhecimento só foi identificado como final se, em momentos futuros, os estudantes realmente demonstraram compreender e utilizar o mesmo. Entretanto, para viabilizar a análise, os trechos selecionados se encerram quando tal conhecimento foi expresso pela primeira vez.

Ainda em relação aos quadros 4.1 a 4.18, sempre que identificamos uma habilidade relacionada à argumentação, o argumento, teoria alternativa ou refutação aparece grifado no texto. No caso de elaboração de teoria alternativa ou refutação, acrescentamos, junto ao código da habilidade, a identificação do turno da fala ao qual ela se relaciona.

Atividade 1

Os trechos selecionados mostram a discussão dos estudantes dos grupos 2 e 4 com a professora, e entre tais estudantes nos grupos. Os estudantes precisavam classificar diferentes sistemas como sendo modelos ou não e, durante esse processo, esperava-se que eles entendessem o significado de modelo.

Grupo 2

A discussão apresentada no quadro 4.1 aconteceu entre os estudantes e a professora, e entre os estudantes deste grupo. Os estudantes tentavam classificar diferentes sistemas como sendo modelos ou não e, diante de um impasse sobre um dos sistemas em discussão (gráfico de velocidade em função do tempo), eles pediram a ajuda da professora para chegar a uma conclusão. Inicialmente apenas um estudante (E3G2) mostrou ter entendido o significado de modelo, pois o estudante E1G2, que inicialmente apresentou dúvidas sobre a definição de modelos, não se pronunciou durante o diálogo. Após uma pausa na discussão, os estudantes voltam a discutir com a professora sobre o mesmo assunto, e então E1G2 se expressou, mostrando que havia entendido o significado do termo modelo.

Quadro 4.1. T1G2 registrado durante a Atividade 1. *Dúvidas iniciais*: O que é modelo? / Fórmula é modelo? *Conhecimento final*: Modelo é uma representação de entidades visíveis e invisíveis. / Fórmula é modelo.

Turno	Sujeito	Trecho T1G2	Classificação
1	E1G2	Está representando, mas não é um modelo (estudantes estão discutindo se o gráfico de velocidade em função do tempo é um modelo, ou não).	H4
2	E3G2	É uma maneira diferente de representar a distância.	H4
3	E1G2	Professora, aquilo é uma fórmula, certo?	H3
4	P	Sim, uma equação.	A3
5	E1G2	Então, uma fórmula pode ser considerada um modelo?	H3
6	P	Pode?	A9
7	E1G2	Pode? É isso que eu estou perguntando.	H3
8	P	Por quê?	A9
9	E1G2	<u>Eu acho que não porque a gente considera modelo uma coisa que a gente copiou.</u> Então, o modelo atômico a gente considerou.	H11
10	P	Modelo não é uma coisa que a gente copia? Como assim?	A9

		Me explica.	
11	E2G2	Tipo assim, um carro, por exemplo, um carro miniatura...	H4
12	P	Ele é uma cópia...	A3
13	E2G2	Do carro real.	H4
14	E3G2	Uma representação.	H4
15	P	Uma representação. Um “carrinho” é uma representação de um “carrão”.	A3
16	E3G2	Exatamente. Para mim, uma fórmula é um modelo, sabe por quê? <u>Porque a distância está sendo expressa de uma maneira diferente em uma fórmula. É uma representação da distância em uma fórmula.</u>	H11
17	P	E aí?	A9
18	E1G2	Então só me responde isso, não me responde dessa maneira não. Quando está representado dessa forma é um modelo?	H3
19	P	Bom, então vamos lá. Um modelo... Acho que a gente já chegou nessa conclusão, toda vez que eu pergunto se é um modelo ou não, vocês me justificam: “Isso é uma representação daquilo.”; “Isso representa aquilo outro.”, não é?	A5
20	E1G2	É.	H5
21	P	Então a gente pode entender o modelo nesse sentido, não pode? Uma coisa é representada, outra coisa é ser o real. Aquilo ali está expressando uma distância?	A3
22	P	Eu tô medindo?	A1
23	E3G2	Não.	H5
24	P	É a distância? O fenômeno em si?	A7
25	E3G2	Não.	H5
26	P	Então, o que é isso?	A7
27	E3G2	Representação.	H4
28	P	Se é uma representação, o que eu posso concluir?	A9
29	E3G2	Que é um modelo.	H4
30	P	Ou seja, será que modelo é só bolinha? Desenho de bolinha representando átomo?	*A8
31	E3G2	Pode ser do visual, uma coisa que a gente está vendo, como uma coisa que não existe, como um átomo, por exemplo.	H5
32	P	Entendi. Modelo pode ser a representação de algo ...	A5
33	E3G2	Existente, concreto.	H5

34	P	Mas o átomo não existe então?	*A7
35	E3G2	Existe, mas a gente não tem acesso a ver.	H5
(...)			
36	P	O que pode ser modelado?	A9
37	E5G2	<u>Uma coisa menor ou maior, porque o carro pode ser representado por um carrinho pequeno.</u> Um elemento da tabela periódica, por exemplo, que não dá para ver, pode ser representado.	H11
38	P	Muito bom. Vocês ouviram? Vocês concordam com ela?	A2
39	E3G2	Concordo.	H5
40	P	Então o modelo que a Mafalda (faz referência à questão 2 da atividade 1) está usando é exatamente o que ela falou ou é uma parte do que ela falou?	A9
41	E3G2	Uma parte.	H4
42	P	O que é modelo para Mafalda?	A1
43	E1G2	<u>A gente colocou que seria algo reduzido do tamanho real porque para mim é quando algo for representado,</u> por exemplo, um átomo, uma molécula, um gráfico, visível ou não visível, quando algo for representado.	H12 (em relação ao turno 9)
44	P	Ok. Então modelo é uma representação.	A5

Grupo 4

A discussão apresentada no quadro 4.2 aconteceu entre os estudantes e a professora, e entre os estudantes deste grupo. Eles tentavam classificar diferentes sistemas como sendo modelos ou não, e diante de um impasse sobre um dos sistemas em discussão (gráfico de velocidade em função do tempo), eles pediram a ajuda da professora para chegar a uma conclusão. A discussão entre os estudantes do grupo teve um papel primordial para que eles chegassem a uma conclusão.

Quadro 4.2. T1G4 registrado durante a Atividade 1. *Dúvida inicial*: O que é modelo? *Conhecimento final*: Modelo é uma representação.

Turno	Sujeito	Trecho T1G4	Classificação
1	E4G4	Distância é igual à velocidade vezes tempo. É um modelo.	H4
2	E4G4	Porque a velocidade e o tempo é um modelo?	H3
3	E2G4	<u>Isso não é modelo porque é um gráfico.</u>	H11
4	E1G4	Velocidade e tempo não são modelos. <u>Eu acho que não é modelo porque vai calcular a distância.</u>	H11

5	E4G4	<u>É modelo porque é modelo de um cálculo.</u> É tipo uma fórmula.	H11
(...)			
6	E2G4	O que seria um modelo?	H3
7	E1G4	É algo que representa alguma coisa.	H4
8	E4G4	Miniatura, alguma coisa assim.	H4
9	E1G4	<u>É um modelo porque você tem que calcular.</u>	H11
10	E1G4	A distância é igual à velocidade vezes o tempo. Você vai colocar a distância igual a um número.	H5
11	E1G4	Então é um modelo pra você fazer um cálculo.	H10
Professora se aproxima.			
12	E1G4	Professora, nós estamos com dúvida se isto é um modelo ou não. É uma fórmula, mas para você fazer o cálculo, tem que seguir essa fórmula.	H10
13	E1G4	Então é um modelo pra você fazer o cálculo, não é isso?	H3
14	P	É um modelo para se fazer um cálculo. E outra coisa, feito o cálculo, eu consigo obter algumas informações, tipo se eu tiver a velocidade e o tempo, eu consigo saber a distância percorrida.	A3
15	P	A partir disso então é um modelo?	A9
16	P	Vamos voltar. Tudo que a gente falou que é um modelo, está sempre representando alguma coisa.	A5
17	E1G4	<u>Então é um modelo porque vai representar todo o caminho que você percorreu.</u>	H12 (em relação ao turno 9)

Atividade 2

Os trechos selecionados a seguir mostram a discussão dos estudantes dos grupos 3 e 4 com a professora, e entre os estudantes nos grupos. A atividade relata que foi desenvolvida uma nova cola para papel e madeira que é capaz de unir esses dois materiais instantaneamente. Os estudantes precisavam, então, desenvolver um modelo que explicasse o porquê dessa cola colar.

Grupo 3

A discussão apresentada no quadro 4.3 aconteceu entre a professora e os estudantes. Inicialmente, o estudante E2G3 apresentou uma ideia coerente sobre o porquê de a cola colar, mas a partir da discussão que se seguiu, ele alterou sua ideia inicial.

Quadro 4.3. T1G3 registrado durante a Atividade 2. *Conhecimento inicial*: A cola cola madeira e papel porque eles se atraem. *Conhecimento final*: A cola cola madeira e papel porque eles vêm da mesma matéria prima.

Turno	Sujeito	Trecho T1G3	Classificação
1	E2G3	<u>Eu acho que é porque se atraem.</u>	H11
2	E2G3	Acho que o papel, a cola e a madeira são uma coisa que se atraem entre si. Os opostos se repelem, não é? Os opostos se atraem, é por isso, o papel e a cola se atraem.	H5
3	P	É uma boa ideia.	A3
4	E2G3	É uma boa ideia, não é?	H3
5	E4G3	Os opostos se atraem.	H5
6	E2G3	Os iguais não se repelem?	H3
7	E2G3	Vem tudo da árvore, o papel mais a madeira, vem tudo da árvore.	H5
8	E4G3	E a cola?	H3
9	E2G3	Vem daquele leitinho que eu não sei o nome. Tem uma árvore na Amazônia que já sai a cola. Tem que trabalhar lógico, eu não sei o nome da árvore, mas eu sei que tem.	H5
10	P	Seringueira.	A3
11	E3G3	É o látex, não é?	H3
12	P	É.	A3
13	E3G3	Teria que saber quais as substâncias estão no meio do látex pra ela estar colando madeira também.	H4
14	P	Mas não precisa chegar nesse nível de profundidade não. Porque senão você teria de ir para um laboratório, um local mais sofisticado.	A3
15	P	Com os dados que vocês têm agora, têm que escrever.	A1
16	E1G3	Dizendo quais são os subprodutos?	H3
17	E1G3	Vou desenhar a árvore com uma setinha dando o papelzinho. A cola e a madeira. Ai eu falo que são feitas de um só material.	H4
18	P	Mas espera aí. Você não tinha falado das cargas? Vai explicar esse negócio das cargas não vai?	A9
19	E2G3	Que cargas?	H3
20	P	Você não falou que positivo com positivo repele?	A9

21	E2G3	Ah tá. Não sei explicar isso não (risos).	H2
22	P	Que os polos opostos se atraem?	A9
23	E2G3	Atraem.	H5
24	E2G3	E os negativos, os negativos não, como é que fala?	H3
25	P	Pois é, negativo com negativo repele. Positivo e negativo atraem.	A5
26	E2G3	É. <u>Então eu acho que cheguei à conclusão porque a madeira, o papel e a cola, tudo vem da mesma matéria prima, é a mesma coisa. Por isso que eu acho que cola.</u>	H12 (em relação ao turno 1)

Grupo 4

A discussão apresentada no quadro 4.4 se iniciou com uma explicação da professora. Em seguida, os estudantes discutiram entre si e tiveram uma ideia sobre o porquê de a cola colar.

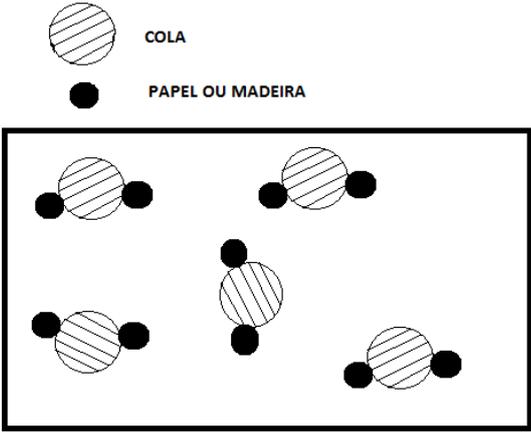
Quadro 4.4. T2G4 registrado durante a Atividade 2. *Dúvida inicial*: Por que a cola cola? *Conhecimento final*: A cola cola porque as substâncias da cola que cola papel e da que cola madeira foram misturadas e formaram uma nova substância.

Turno	Sujeito	Trecho T2G4	Classificação
1	P	Você tava olhando o tubinho (os estudantes estavam lendo a composição de uma cola branca em seu tubo), não tava?	A1
2	E1G4	Ah, que tubinho? Ah, esse aqui.	H3
3	P	Não precisa saber exatamente do que é feito. Vocês têm que propor uma explicação.	A1
4	E3G4	Mas como?	H3
5	E1G4	É isso que nós estamos tentando captar, como. Como que a cola, cola?	H3
6	E3G4	Eu sei que esse “trem” sai de uma árvore, não sei o nome da árvore.	H5
7	E2G4	E qual é a diferença da cola que cola papel pra cola que cola madeira?	H3
8	E1G4	A que cola papel cola papel, a que cola madeira cola madeira. Entendeu? É simples.	H5
9	E3G4	A substância vai ser mais forte, ou seja, a da madeira porque tem que ser mais...	H4
10	E2G4	As substâncias são diferentes.	H4
11	E1G4	Mas a que cola madeira, cola papel também.	H5
12	E3G4	Por que essa cola, cola? Aqui quer saber se é a cola normal	H3

		ou a cola de madeira?	
13	E2G4	Está perguntando da cola que ela desenvolveu que cola papel e madeira ao mesmo tempo. É uma cola que serve pros dois.	H1
14	E1G4	Eu pensei que é porque essa cola, cola papel e madeira, a que cola papel não cola madeira. Juntaram as substâncias das duas colas, entendeu? <u>A cola vai colar papel e madeira porque as substâncias que fazem a cola colar papel e que fazem colar madeira foram colocadas juntas em uma mesma cola.</u>	H11
15	E3G4	Isso que eu pensei, misturou tudo e virou uma cola só.	H10
16	E2G4	<u>A cola vai colar porque misturaram tudo e formaram uma nova substância.</u>	H11

Após o intervalo entre as duas aulas⁷, os estudantes do grupo 4 expressaram outras ideias para justificar o porquê de a cola colar, ideias essas que eram muito parecidas com as que outros grupos haviam expressado antes. Ao serem questionados pela professora, inicialmente eles não conseguiram explicar seu novo modelo (quadro 4.5).

Quadro 4.5. T3G4 registrado durante a Atividade 2. *Dúvida inicial*: Por que a cola cola? *Conhecimento final*: A cola cola papel e madeira devido à atração das cargas.

Turno	Sujeito	Trecho T3G4	Classificação
17	P	<p>Bom, então vocês fizeram um desenho (figura 4.1). Então, essa bolinha riscadinha...?</p>  <p>Figura 4.1.Reprodução do desenho feito pelo grupo 4 para explicar o porquê de a cola colar.</p>	A8
18	E2G4	É cola.	H9
19	P	“As substâncias opostas se atraem, ou seja, as substâncias que contém no papel ou madeira são diferentes das	A9

⁷ A primeira aula aconteceu no 3º horário e a segunda no 5º.

		substâncias que contém na cola.” (Professora lê a resposta escrita do grupo). E aí?	
20	E2G4	Cola.	H4
21	P	Elas se atraem e cola. Elas se atraem?	A9
22	E1G4	<u>Elas colam devido às substâncias.</u>	H11
23	P	Devido a que?	A9
24	E2G4	<u>Elas colam devido às substâncias diferentes.</u>	H11
25	P	Sim, mas tem um monte de coisas que tem substâncias diferentes, mas não cola. Eu posso por madeira e plástico juntos, e uma coisa cola a outra?	*A7
26	E1G4	Uma substância que faz colar.	H4
27	P	Mas porque faz colar?	A9
28	E1G4	<u>Porque tem uma substância que faz grudar.</u>	H11
29	P	E por que faz grudar? Vocês falaram assim: Uma atração. Bom, ótimo, mas o que pode ser responsável por essa atração?	A9
30	E2G4	Não sei.	H2
31	P	Essa atração pode ser, por exemplo, algum tipo de energia associada a...?	A3
32	E2G4	Às cargas.	H4

Atividade 3

Os trechos selecionados desta atividade mostram a discussão dos estudantes dos grupos 2 e 3 com a professora, e entre os estudantes nos grupos. A Atividade 3 teve início com a queima da fita de magnésio, realizada de forma demonstrativa pela professora. Este experimento teve que ser repetido em outra aula, pois muitos estudantes haviam faltado ou estavam assistindo aula pela primeira vez depois que as atividades de modelagem se iniciaram.

Grupo 2

Os estudantes tentavam entender a liberação de luz na queima do magnésio. Como evidenciado no quadro 4.6, a professora tem um papel fundamental durante a discussão, mas os estudantes chegaram a uma conclusão discutindo entre eles.

Quadro 4.6. T2G2 registrado durante a Atividade 3. *Conhecimento inicial*: A luz aparece na queima do magnésio porque ele é metal. *Conhecimento final*: A luz aparece na queima do magnésio devido à interação entre o oxigênio, fogo (fonte de energia) e magnésio.

Turno	Sujeito	Trecho T2G2	Classificação
1	P	Quando aparece aquela luz. Por que aparece aquela luz? Mas então, eu queimo o papel, não queimo? E aparece uma luz branca? Então é por causa do fogo?	A6
2	E1G2	É por causa do metal, professora?	H4
3	P	Tem a ver com o metal.	A3
4	P	Mas o que será que está ocorrendo ali (referiu-se à queima do magnésio) que faz aparecer uma luz?	A6
5	E3G2	<u>Aparece a luz porque ele é um condutor de energia.</u>	H11
6	P	Por que ele é um bom condutor de energia? Bom, então aconteceria isso com qualquer metal?	*A7
7	E3G2	Não.	H5
8	P	Os metais são bons condutores de energia.	A3
9	E1G2	<u>Às vezes aparece a luz porque cada metal tem uma temperatura diferente.</u>	H11
10	E3G2	Temperatura de fusão.	H4
11	P	Mas aquilo foi uma fusão ou uma reação química?	A7
12	E3G2	Foi uma reação química.	H4
13	P	Então a gente tem que pensar nisso também. Talvez o magnésio até aquecesse mais fácil que outro metal. Não tem a ver com temperatura de fusão, porque ele não está fundindo. Ele está sofrendo uma reação química.	A5
(...)			
14	E1G2	O oxigênio e o fogo fizeram o magnésio e formaram o óxido de magnésio, entendeu? O oxigênio e o fogo. <u>Porque sem o oxigênio não teria dado aquela luz.</u>	H12 (em relação ao turno 9)
15	E3G2	Então foi necessário ter uma fonte de energia.	H4

Grupo 3

A discussão que se segue (quadro 4.7) aconteceu entre a professora e os estudantes, após a realização do experimento da queima da fita de magnésio. Os estudantes estavam discutindo sobre como o ouro e o ferro são encontrados na natureza. Eles partiram de uma ideia incoerente e chegaram à ideia cientificamente aceita.

Quadro 4.7. T2G3 registrado durante a Atividade 3. *Conhecimento inicial*: O ferro é encontrado na natureza como substância simples. *Conhecimento final*: O ferro é encontrado na natureza como substância composta.

Turno	Sujeito	Trecho T2G3	Classificação
1	E1G3	O ferro vai ser encontrado simples também.	H4
2	P	O ferro, você acha que encontra na forma simples?	A7
3	E1G3	Sim.	H5
4	P	Tem certeza?	A9
5	E1G3	Não sei como que é encontrado o ferro.	H2
6	P	Você já viu ferro na natureza?	A7
7	E1G3	Não.	H5
8	P	Porque talvez não seja na forma simples.	A3
9	E1G3	Como que ele é?	H3
10	P	O que as siderúrgicas fazem?	A7
11	E1G3	Elas mudam a forma física.	H5
12	P	Mas elas extraem o ferro, extrai de onde?	A7
13	E3G3	Matéria prima.	H5
14	P	De alguma matéria prima. Mas você sabe...	A7
15	E1G3	De uma rocha.	H5
16	P	De uma rocha. Você sabe o nome dela?	A7
17	E1G3	Aquela que é feita por lava? Por lava de vulcão?	H4
18	E3G3	Metamorfa, não é?	H4
19	P	É porque ele está falando que o ferro não é encontrado na forma de substância simples. Ele está falando que é encontrado num minério, num mineral.	A5
20	E3G3	É igual ouro que é lapidado da rocha.	H5
21	E1G3	Pensei que fosse igual ouro, achava assim num monte.	H4
22	E2G3	Mas nos garimpos não tiravam ouro?	H3
23	P	Ouro sim, mas ferro, você já viu tirar ferro da natureza?	*A7
24	E3G3	Não sai pedaço de ferro inteiro não.	H5
25	E2G3	Oh! Então ferro não vale nada.	H4
26	E1G3	<u>O ferro vale pouco porque ele é muito encontrado, enquanto o ouro é raro.</u>	H11
27	P	Vocês não se lembram de terem ouvido falar do nome hematita?	A7

28	E1G3	Eu não.	H5
29	P	Esse é o nome do minério do qual vem o ferro. Se vocês ouvirem falar do nome hematita, é o nome desse minério.	A3
30	E1G3	A rocha é feita por uma mistura?	H4
31	P	Mistura.	A5
32	E3G3	Outras substâncias.	H4
33	E1G3	Tipo quais substâncias?	H3
34	P	Têm várias.	A3
35	E1G3	Então já pode dizer que o ferro é encontrado na natureza através de mistura?	H4
36	P	É, ele está misturado no mineral. Mas uma coisa que é importante você saber é que não o encontra na forma de Fe.	A3
37	E1G3	Não o encontra como ferro?	H3
38	P	É, ele simples. Não o encontra como simples.	A3
39	E1G3	É encontrado como substância composta.	H4

No trecho apresentado no quadro 4.8, os estudantes do grupo 3estavam discutindo sobre a Parte C da Atividade 3, experimento da garrafa mágica. A dúvida relacionava-se ao número de substâncias presentes dentro da garrafa.

Quadro 4.8. T3G3 registrado durante a Atividade 3. *Conhecimento inicial*: Existem duas substâncias dentro da garrafa mágica, pois ao agitá-la observa-se uma espuma. *Conhecimento final*: Existem duas substâncias dentro da garrafa mágica, pois ao agitá-la observa-se uma mudança de cor.

Turno	Sujeito	Trecho T3G3	Classificação
1	P	Você acha que tem mais de uma substância?	A9
2	E4G3	<u>Eu acho que tem porque o “trem” espumou quando balança.</u>	H11
3	E1G3	Eu acho que tem porque é igual ao que acontece com o permanganato, põe na água fica rosa, mas depois que mistura fica totalmente rosa.	H7
4	P	Mas a cor não volta.	A6
5	E1G3	Não volta.	H6
6	E3G3	Eu sei que isso não é água.	H4
7	P	Vocês viram que também na hora que vocês balançam que ela murcha um pouco? Espera voltar ao normal e depois balança.	A6
8	E1G3	<u>Deve murchar por causa de algum solvente que está aí</u>	H11

		<u>dentro.</u>	
9	P	Mas você acha que tem duas substâncias?	A9
10	E1G3	Tem.	H4
11	E4G3	Eu acho que não.	H4
12	P	E por que teriam duas substâncias?	A9
13	E1G3	<u>Tem duas substâncias porque muda de cor.</u>	H11
14	E1G3	Isso não é motivo não, é?	H4
15	P	Muda de cor. Aqui está incolor e quando você agita fica azul. Então significa que deve ter duas substâncias, não deve? Uma reage com a outra e forma outra coisa. Agora, vocês conseguem descobrir com que essa substância reage, se vocês pensarem que quando você faz isso (agitar a garrafa) forma muita bolha e a garrafa murcha um pouco.	A3
16	E1G3	Se seguir o exemplo da água com o óleo em repouso, fica a parte do óleo em cima e a água embaixo. Quando agita, vai se misturar e o óleo faz um tanto de bolinha dentro da água.	H7
17	E1G3	<u>Depois que agita, ela volta ao normal depois de um tempo porque deve ter duas substâncias ai dentro.</u>	H12 (em relação ao turno3)

Ainda discutindo a respeito da atividade garrafa mágica, os estudantes do grupo 3 demonstraram não possuir um entendimento coerente sobre o conceito de densidade, o que foi esclarecido com o auxílio da professora.

Quadro 4.9. T4G3 registrado durante a Atividade 3. *Conhecimento inicial*: Na garrafa mágica, a substância amarela é mais densa do que a substância azul. *Conhecimento final*: Na garrafa mágica, a substância amarela é mais estável do que a substância azul.

Turno	Sujeito	Trecho T4G3	Classificação
18	E3G3	Mas professora, essa substância amarela é bem mais densa que essa substância azul que está aí dentro, não é?	H4
19	P	Se eu tô falando que ela é mais densa, eu tô dizendo que ela fica no fundo e a outra fica em cima.	A3
20	E3G3	<u>Não professora, porque essa substância amarela, quando está em repouso, essa permanece.</u>	H11
21	P	Então vamos pensar, será que o que está em questão é densidade, ou estabilidade?	A9
22	E3G3	Pode ser estabilidade.	H4
23	P	Se eu pensasse em água e óleo, eles não se misturam. Se eu	A4

Paula Paganini Costa

		falar então que a água é mais densa, ela vai ficar no fundo.	
24	P	Agora aqui, tem um amarelo no fundo e um azul em cima?	A9
25	E3G3	Não, só quando mistura.	H6
26	P	Não. Num momento eu tenho o azul, e o azul quando em repouso volta a ser amarelo.	A3
27	P	Então eu posso afirmar que isso é uma questão de densidade?	A9
28	E3G3	Não.	H4
29	P	Isso tem mais a ver com a questão de...	A9
30	E2G3	Energia.	H4
31	P	De energia. E energia está associada à... estabilidade.	A3
32	P	Provavelmente qual é a mais estável?	A7
33	E2G3	Amarela.	H4

Grupo 4

Nesse trecho (quadro 4.10), os estudantes do grupo 4 estavam discutindo sobre a Parte C da Atividade 3, experimento da garrafa mágica. Os estudantes discutiam entre si para definir se existe mais de uma substância dentro da garrafa.

Quadro 4.10. T4G4 registrado durante a Atividade 3. *Dúvida inicial*: Existe mais de uma substância dentro da garrafa mágica? *Conhecimento final*: Existem duas substâncias dentro da garrafa mágica, pois elas se misturam quando a garrafa é agitada.

Turno	Sujeito	Trecho T4G4	Classificação
1	E1G4	Mas aqui está perguntando se tem (mais de uma substância), não está perguntando quais são.	H1
2	E1G4	(Tem mais de uma substância) <u>Porque água pura não dá pra ficar assim não.</u>	H11
3	E3G4	<u>Tem, porque vai pro fundo da garrafa quando agita.</u>	H11
4	E2G4	A substância (da garrafa) fica diferente. Não tem uma substância que você agita e fica modificado.	H4
5	E3G4	<u>Tem mais de uma substância porque quando você balança ela muda, vai mudando.</u>	H12 (em relação ao turno 3)
6	E2G4	Só quando tem duas substâncias que ela muda sua fórmula?	H3
7	E1G4	<u>A fórmula é a mesma, só está mudando a cor.</u> A solução é a mesma, só que na hora que você agita, mistura, a fórmula continua a mesma.	H11

8	E2G4	<u>Sim, porque agitando a garrafa, as substâncias se misturam.</u>	H11
9	E2G4	Está certo?	H3
10	E1G4	Sim, porque agitando a garrafa, as substâncias se misturam, e se fosse uma única substância, não iria ocorrer nada.	H10

No trecho apresentado no quadro 4.11, que aconteceu na mesma aula do trecho apresentado no quadro 4.10, os estudantes do grupo 4 estavam discutindo com a professora sobre a diferença entre mistura e reação química.

Quadro 4.11. T5G4 registrado durante a Atividade 3. *Dúvida inicial*: Existe mais de uma substância dentro da garrafa mágica? *Conhecimento final*: Existe mais de uma substância no sistema porque quando ele é agitado ocorre uma reação química.

Turno	Sujeito	Trecho T5G4	Classificação
11	E1G4	Você acha que nesse sistema há mais de uma substância? Por quê?	H3
12	P	Por que você acha?	A9
13	E1G4	<u>Porque se fosse só uma substância, não ia mudar de cor.</u>	H11
14	E3G4	<u>Porque se fosse só uma substância não ia acontecer nada, ia agitar e não ia acontecer nada.</u>	H11
15	P	Suponha que tenha mais de uma substância, elas já estão misturadas, não estão? Porque vocês estão vendo uma coisa só. (Referindo-se à mistura homogênea.)	A3
16	E1G4	E se agita?	H3
17	P	Quando você agita, o que acontece?	A6
18	E1G4	A cor muda, você mistura as substâncias.	H6
19	P	Por que você acha que mudou de cor?	A9
20	E3G4	<u>Mudou de cor porque elas misturaram.</u>	H11
21	E2G4	Aconteceu uma reação química?	H4
22	P	Reação é diferente de mistura.	A3
23	P	É só pra você pensar no que você está falando. Misturado, já está misturado.	A3
24	E2G4	É, está.	H6
25	P	Então quando você agita e muda de cor, é porque aconteceu o que? Porque misturar, já está misturado.	A9
26	E2G4	Uma transformação.	H4
27	P	Uma transformação, então é mais plausível do que você falar	A3

Paula Paganini Costa

		que quando você agita, você mistura, porque já está misturado. Entendeu? Eu estou querendo trocar a palavra.	
28	E2G4	Então, uma transformação?	H4
29	P	Que tipo de transformação?	A9
30	E2G4	Uma transformação química.	H4

Ainda nesta mesma aula, os estudantes do grupo 4 continuaram discutindo sobre a Parte C da Atividade 3 e questionaram a professora sobre o que é e o que caracteriza uma reação química (quadro 4.12).

Quadro 4.12. T6G4 registrado durante a Atividade 3. *Dúvida inicial*: O que é reação química? *Conhecimento final*: Reação química é a transformação de substâncias evidenciada por mudança de cor.

Turno	Sujeito	Trecho T6G4	Classificação
31	E2G4	O que é uma reação química?	H3
32	P	O que é uma reação química?	A7
33	E2G4	É quando duas substâncias fundem?	H4
34	P	A gente fala reage, a gente não fala funde. Melhor, quando elas se transformam em uma nova substância.	A3
35	E2G4	Duas transformam em apenas uma?	H4
36	P	Isso. Quando duas ou mais.	A3
37	P	Mas aí está perguntando se você acha que é e porque você acha que é.	A1
38	E2G4	<u>Sim, porque ao se agitar a garrafa, as substâncias aqui se transformam em apenas uma.</u>	H11
39	P	Como é que você sabe que transforma em uma?	A9
40	E1G4	<u>Se transforma em uma porque fica azul.</u>	H11
41	P	Então o que está te levando a pensar que é uma reação?	A9
42	E1G4	A mudança.	H4
43	P	Então, é essa que é a sua evidência. Você não pode dizer que tem duas, quem sabe não tem três? Entendeu?	A3
44	P	O que está te levando a pensar que ocorreu uma mudança?	A9
45	E1G4	Ocorre uma mudança.	H4
46	P	O que você está vendo? Por exemplo, se você visse aquela equação que está no quadro e se perguntasse se ocorre uma reação química? (reação de formação do óxido de magnésio: $1/2O_{2(g)} + Mg_{(s)} \rightarrow MgO_{(s)}$)	A7
47	E1G4	Os dois transformou em um.	H5

48	P	O oxigênio se transformou em óxido de magnésio. Então ali, você sabe o que virou. Duas substâncias viraram uma, mas aqui você não sabe se são duas, três ou quatro.	A3
49	E1G4	Ocorre uma mudança.	H4
50	P	De...?	A9
51	E1G4	De transformação.	H4
52	P	Mudança de...?	A9
53	E1G4	Reação?	H4
54	P	Qual mudança você observa?	A9
55	E1G4	De cor.	H6
56	P	De cor. Se você está vendo a mudança, você especifica.	A3

Atividade 4

Não foi encontrado nenhum trecho significativo para exemplificar o processo de *co-construção* durante a realização da Atividade 4.

Atividade 5

Na Atividade 5, os estudantes deveriam propor modelos para o cloreto de sódio: um para o cloreto de sódio em água e outro para o cloreto de sódio após a evaporação da água. Para a construção dos modelos, foram fornecidos diversos materiais: bolinhas de isopor de tamanhos diferentes, massinha de modelar de diferentes cores, palitos de madeira, molas plásticas, imãs e lápis de cor. Todos os materiais foram disponibilizados para que os estudantes pudessem escolher livremente o que seria utilizado para expressar o modelo mental.

Grupo 3

A discussão apresentada no quadro 4.13 aconteceu entre os estudantes e a professora, e entre os estudantes, quando eles tentavam explicar o que acontece ao se colocar o sal de cozinha (NaCl) em água.

Quadro 4.13. T5G3 registrado durante a Atividade 5. *Dúvida inicial*: O que acontece quando se coloca sal na água? *Conhecimento final*: Quando o sal é colocado na água, forma-se uma solução homogênea.

Turno	Sujeito	Trecho T5G3	Classificação
1	P	Aí agora nós vamos colocar o sal na água. O que vai acontecer?	A6
2	E1G3	Vai misturar, misturar. Vai soltar o Na do Cl.	H4
3	P	O Na e Cl vão se soltando?	A9
4	E1G3	É.	H4
5	P	Isso. Ai o Na e o Cl vão se soltando. E aí?	A9
6	E1G3	Não dá pra ver o sal mais. Então é por isso que não dá pra gente ver.	H6
7	P	Isso. Mas aí depois que separou como é que será que fica o Na ⁺ e o Cl ⁻ e a água?	A9
8	E1G3	Fica misturado lá dentro.	H4
9	P	Tudo assim aleatório?	A9
10	E1G3	É, acho que é.	H4
11	P	Então pode ter um tanto mais de um de um lado do que do outro?	*A9
12	E1G3	Não.	H4
13	P	Então, é uma mistura...?	A9
14	E1G3	Homogênea.	H5
15	P	Uma mistura homogênea. Bem distribuída.	A3

O trecho T6G3 (quadro 4.14) é continuação da discussão iniciada no trecho anterior, T5G3 (quadro 4.13). Nesse segundo trecho, os estudantes tentavam explicar como os íons Na⁺ e Cl⁻ permanecem juntos no estado sólido.

Quadro 4.14. T6G3 registrado durante a Atividade 5. *Dúvida inicial*: Como os íons Na⁺ e Cl⁻ permanecem juntos no estado sólido? *Conhecimento final*: Os íons Na⁺ e Cl⁻ se atraem quando o sal está no estado sólido.

Turno	Sujeito	Trecho T6G3	Classificação
16	P	Por que vocês acham que eles ficam juntos assim no estado sólido? O Na ⁺ e o Cl ⁻ .	A9
17	E1G3	É uma mistura, não é? Do sal. Cada pedrinha de sal não é uma mistura de Na e Cl?	H4
18	P	Não é uma mistura, é formado por...	A3

19	P	São duas partículas que formam. Quero que você se lembre do seu modelo de porque a cola cola. Por que você falou que a cola colava?	A7
20	E2G3	<u>Colava porque misturavam as partículas.</u>	H11
21	p	Não só por isso. Você lembra do que você me falou?	A7
22	E2G3	Dos elétrons e das cargas.	H5
23	P	Poderia ser as cargas?	A9
24	E2G3	Poderia ser as cargas. Positivo e negativo. A água podia servir como exemplo da energia de ionização separa o elétron do...	H4
25	P	Entendi. Porque aqui tem um elétron envolvido.	A3
26	E3G3	<u>É porque o negativo e o positivo se encontram.</u>	H11
27	E3G3	É igual você falou àquela hora, que os opostos se encontram.	H5
28	P	Se atraem.	A3

O trecho T7G3 (quadro 4.15) é continuação da discussão iniciada no trecho T6G3 (quadro 4.14). Em T7G3, os estudantes tentavam explicar a evaporação da água da solução de NaCl.

Quadro 4.15. T7G3 registrado durante a Atividade 5. *Dúvida inicial*: O que ocorre na evaporação da água da solução de NaCl? *Conhecimento final*: A água evapora e o sal permanece no sistema.

Turno	Sujeito	Trecho T7G3	Classificação
29	P	Como é que vocês imaginam quando a água evapora?	A9
30	E1G3	Água evapora?	H3
31	P	Vamos supor que você deixa no sol e a água evaporou, e aí você deixa de ter as moléculas de água...	A3
32	E1G3	Acho que volta pro estado normal.	H4
33	P	E o estado normal seria como? Como seriam com as partículas? Assim (figura 4.2)? 	A8
34	E2G3	Não, separadas.	H9

Figura 4.2. Reprodução do modelo feito pela professora, para o NaCl sólido, mostrando a organização das partículas em rede.

35	P	Não, no estado sólido.	A3
36	E2G3	<u>Separadas porque não dá pra você saber qual é positivo e qual é negativo, está tudo misturado.</u>	H11
37	P	Não, não dá. Imagine uma visão microscópica. Uma visão microscópica. Aí seria assim? Quando ele está no estado sólido? Pra você seria assim (figura 4.3)?  Figura 4.3.Reprodução do modelo feito pelos estudantes do grupo 3 para o NaCl sólido, mostrando-o como sendo um par iônico.	A8
38	E1G3	Eu acho que seria.	H4
39	E3G3	Então a água, quer dizer que ela vai estar no estado gasoso, não é?	H3
40	E3G3	Acho que tudo vai pro estado gasoso.	H4
41	P	Sim. Só água, não é?	A9
42	E3G3	<u>A água com o sal porque os dois virou um. É uma mistura só.</u>	H11
43	P	Depois você faz o seguinte, você pega um copo de cloreto de sódio, sal de cozinha dissolvido em água e deixa no sol. Você vai ver que a água evapora e o sal fica no fundo. Quando evapora, quando você aquece, sobra o sal e a água vai. Então o sal fica.	A3
44	E1G3	E se separa da água então. O sal fica lá no fundo?	H3
45	P	Separa. A água vai pra atmosfera e o sal continua.	A3
46	E1G3	O sal mesmo minúsculo vai continuar lá?	H3
47	P	Continua.	A3
48	E3G3	Mesmo ele estando dissolvido completamente?	H3
49	P	Mesmo estando. Mesmo estando completamente sem sobrar resíduo sem dissolver. A água evapora e fica o sal.	A3
50	E3G3	É tipo aquela experiência que a gente faz com o talco ⁸ , o talco fica no fundo e as outras substâncias não ficam.	H7

Atividade 6

O objetivo da Atividade 6 era justificar se e como o modelo proposto pelo grupo na Atividade 5 explicava a elevada temperatura de fusão do cloreto de sódio, 808°C.

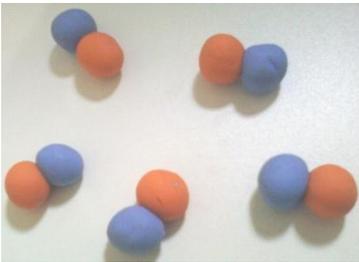
⁸ Experiência realizada no ano anterior quando da discussão sobre misturas homogêneas e heterogêneas.

Grupo 3

O trecho selecionado (quadro 4.16) diz respeito à discussão dos estudantes do grupo 3 com a professora. Neste caso, somente após a pausa nas discussões, os estudantes conseguiram reformular seu modelo inicial.

Quadro 4.16. T8G3 registrado durante a Atividade 6. *Dúvida inicial*: Como o modelo expresso anteriormente explicava a alta temperatura de fusão do NaCl? *Conhecimento final*: Existe uma atração muito forte entre as partículas; por isso muita energia é gasta para separá-las.

Turno	Sujeito	Trecho T8G3	Classificação
1	P	Aproveitando que vocês estão com o modelinho concreto (figura 4.3), quero que vocês me mostrem como que esse modelo explica o fato do cloreto de sódio fundir a 808°C, que é uma temperatura bem elevada.	A9
2	E1G3	Esse modelo não explicou.	H3
3	E2G3	Explicou.	H4
4	P	Você acha que não explica? Se você acha que explica, você vai me falar porque explica. Você e ele, porque não explica. Então por que não?	A9
5	E1G3	<u>Não, porque nós estamos falando só de como o sal é formado e de como ele vai dissolver na água.</u>	H11
6	E2G3	<u>Eu acho que explica porque aqui está falando desse modelo na água.</u>	H11
7	P	Não, esse modelo é dele sólido.	A3
8	E2G3	Sólido. Mesmo levando até o fogo, ficou bem claro que não muda a forma.	H5
9	P	Então não vai fundir?	A7
10	E2G3	Não vai fundir.	H5
11	P	Não explica?	A9
12	E2G3	Não explica.	H4
13	P	Então seu modelo não está correto. Esse modelo aqui (figura 4.3) explica a temperatura de fusão do cloreto de sódio?	A9
14	E6G3	Só se a gente for diminuir ele, colocar para fundir um maior e um menor, é o máximo que pode acontecer.	H4
15	P	Não, isso não existe. As partículas não ficam maiores ou menores quando elas fundem. Você está pensando no macroscópico, aqui a gente está pensando nas partículas. Por isso que a gente tem o modelo. Modelo é pra explicar o que ocorre com as partículas.	A3
16	P	Então, quando vai fundir, isso daqui vocês pensaram nele	A7

		sólido, quando vai fundir vai pra qual estado físico?	
17	E1G3	Líquido.	H4
18	P	Primeiro passo: vai pra líquido. E vocês acham que quando vai pra líquido essas ligações químicas (apontando para as ligações intramoleculares no modelo do par iônico) vão ser desfeitas?	A9
19	E1G3	Não.	H4
20	P	Vamos pensar no modelo do sólido organizado, líquido mais afastado.	A3
21	E1G3	É, vão desfazer.	H4
22	P	Então você acha que no líquido eles (pares iônicos) vão se afastar, não é?	A9
23	E1G3	Vão desgrudar.	H4
24	P	<p>Então eles não vão estar ligados igual eles estavam no sólido. Então eles vão estar o que? Separados. Ok? Então isso aqui seria o modelo do sólido (figura 4.4) e isso aqui seria o modelo do líquido (figura 4.5). No sólido eles estão próximos, ligados.</p>  <p>Figura 4.4.Reprodução do modelo feito pela professora para o NaCl sólido, a partir da representação feita pelo grupo 3 para o NaCl sólido (Figura 4.3).</p>  <p>Figura 4.5.Reprodução do modelo feito pela professora para o NaCl líquido, a partir da representação feita pelo grupo 3 para o NaCl sólido (Figura 4.3).</p>	A5
25	P	No líquido elas estão o que?	A9
26	E2G3	Separadas.	H4

Paula Paganini Costa

27	P	Separadas. Então eu quero que vocês me respondam se este modelo que mostrava elas antes unidas, se ele explica que pra separá-las precisa de 808°? Você acha que precisa de muita energia?	A1
28	E2G3	Precisa. É pra transformar em líquido.	H4
29	E6G3	Não.	H4
30	P	Gente pensa bem, a água entra em ebulição a 110°C, cloreto de sódio funde a 808°C. Olha a diferença! A água passa para gasoso a 100°C, o cloreto de sódio passa para líquido a 808°C.	A3
31	P	Então as ligações deles devem ser fortes?	A9
32	E2G3	Deve.	H4
33	P	Devem ser bem fortes. Porque precisa de muita energia para separar as partículas.	A3
(Estudantes terminaram de registrar o modelo sozinhos e chamam a professora.)			
34	P	Então deixa ver se vocês me convenceram. “Sim, pois o Na ⁺ e o Cl ⁻ juntos sabemos que está no estado sólido, e eles se separados se fundem a 808°C passando para o estado líquido.” (lendo resposta escrita). Isso não explica.	A3
35	E2G3	Não?	H3
36	P	Não. Pra explicar você precisa justificar porque gasta tanta energia.	A3
37	E2G3	<u>Gasta muita energia porque a ligação deles é muito forte.</u>	H11
38	P	Então cadê isso aqui? Só isso que explica.	A3
39	E1G3	Quanto menos energia, mais atração.	H4
40	P	Não, é o contrário. É está certo, quanto mais atração, menos energia.	A5
41	E1G3	É, então, aqui tem pouca energia, tem muito pouca energia então.	H4
42	P	Não, você está relacionando errado. Você não tem que pensar na energia da substância, você tem que pensar na energia gasta pra separar, que alguma fonte vai fornecer, tipo forno de uma usina.	A3
43	E2G3	Gasta muita energia.	H4
44	P	Se vocês acham que ele explica, vocês não vão ter que reformular, mas vocês vão ter que justificar com certeza porque ele explica.	A1
45	E2G3	Porque gasta muita energia pra separar, mas consegue separar.	H4
46	P	Então, mas porque gasta muita energia pra separar?	A9
47	E3G3	Mais calor.	H4

48	P	Vocês vão ter que justificar em termos das ligações.	A3
49	E1G3	<u>Gasta muita energia porque há muita atração entre a partícula de Na⁺ e de Cl⁻, gasta muita energia para separar..</u>	H11
50	P	Muita atração porque são carregados, cátion e ânion, Na ⁺ e Cl ⁻ . Se tem muita atração, se ela é muito forte, gasta muita energia pra separar.	A5

O trecho apresentado no quadro 4.17 (T9G3) é continuação do anterior (T8G3), mas nele outro conhecimento foi construído.

Quadro 4.17. T9G3 registrado durante a Atividade 6. *Conhecimento inicial*: O modelo NaCl molécula explica a alta temperatura de fusão do NaCl. *Conhecimento final*: O modelo em rede do NaCl explica a alta temperatura de fusão do NaCl.

Turno	Sujeito	T9G3	Classificação
51	P	Que elas se enfileiram, se unem, agrupam, interagindo sempre positivo com negativo (figura 4.2). Tem gente que está pensando assim. Vocês já estão pensando o que? Agrupadas de dois a dois, separadas entre elas (figura 4.3).	A5
52	P	Isso faz diferença pra explicar a temperatura de fusão?	A9
53	E1G3	<u>Eu acho que não, vai dar a mesma temperatura e vai transformar ele do mesmo jeito.</u>	H11
54	E2G3	Essa aqui (figura 4.2) vai gastar mais energia, não vai?	H4
55	P	Essa gasta mais energia.	A3
56	E2G3	<u>Então não é, porque a nossa é duas (figura 4.3) e a deles (figura 4.2) vai gastar mais.</u>	H13
57	P	Se aqui vai gastar mais energia (figura 4.2), então você acha que a temperatura de fusão tinha que ser mais alta ainda?	A9
58	E2G3	Eu acho que não, vai levar mais tempo.	H4
59	P	Então você não entendeu o que foi falado. Está lembrando que foi falado que não gasta mais tempo. Elas têm que gastar o mesmo tempo.	A3
60	E2G3	Então acho que não vai fazer diferença.	H4
61	P	Então você acha que tanto pode representar assim (figura 4.3), quanto assim (figura 4.2) e que em ambos os casos, vai explicar o 808°C (temperatura de fusão do NaCl)?	A9
62	E2G3	Acho que vai. Suponho que sim.	H4
(Pausa entre aulas. A discussão continua no dia seguinte.)			
63	P	E aí grupo? Eu quero enfatizar aqui com vocês a nossa discussão. Vocês foram um dos grupos que propuseram assim (figura 4.3), não foi? E eu realmente quero enfatizar	A9

		isso. Vocês acreditam que dessa maneira a interação é tão forte aqui, quanto aqui? (A professora pergunta se a interação entre os átomos é tão forte quanto a interação entre as moléculas de NaCl.)	
64	E1G3	Tem o espaço ou não?	H3
65	P	Com o espaço (entre os pares iônicos).	A3
66	P	Você acha que a força de atração aqui é a mesma que tem aqui?	A9
67	E1G3	Professora eu acho que nós fizemos assim, isso aqui (figura 4.3) é uma pedrinha de sal.	H9
68	P	Se isso (um modelo de par iônico NaCl que está na mão do estudante) é uma pedrinha de sal, então com microscópio é perfeitamente possível ver os átomos?	*A7
69	E1G3	Não. Um quarto da pedrinha de sal.	H4
70	P	Um quarto?	A9
71	E1G3	É. Uma mini pedrinha de sal.	H4
72	P	Então é o grão de sal que eu vejo?	A8
73	E1G3	Isso aqui tá representando cada grão do sal.	H9
74	E1G3	As pedras de sal dentro do pacote estão grudadas umas nas outras? Pode pegar e separar assim (gestos separando os pares iônicos iguais aos representados na figura 4.3)?	H5
75	P	Então você está falando que eles estão separados porque cada representação dessa é um grãozinho do sal. Certo?	A5
76	P	Então eu vou voltar na minha pergunta: se um grãozinho do sal pode ser representado por um par iônico, quer dizer que eu posso levar esse grão ao microscópio e eu vou ver não só os átomos, como os prótons e os elétrons também, isso é verdade? Experimentalmente tem uma maneira de a gente ver os átomos?	A9
77	E1G3	Não.	H4
78	P	Não. Então cada grãozinho daquele de sal provavelmente é constituído por um par, dois pares ou o que?	A9
79	E1G3	Dois pares.	H4
80	P	Será que só dois?	A9
81	E1G3	Quatro, cinco.	H4
82	P	Seis, cem, um bilhão.	A3
83	E1G3	É, isso aí.	H4
84	P	Você consegue perceber que é muito diferente de você falar que um grãozinho é um tiquinho contável e um grãozinho tem uma quantidade assim enorme de íons Na ⁺ e Cl ⁻ ?	A9

85	E1G3	Acho que um pouquinho está certo.	H4
86	E2G3	Eu acho que não está tão errado assim não.	H4
87	P	Não é questão de estar errado. A questão é: seu modelo explica a atração entre Na^+ e Cl^- ?	A9
88	E1G3	Explica.	H4
89	P	Explica. Isso é coerente? É coerente, mas o seu modelo explica porque a temperatura de fusão é tão alta?	A9
90	E1G3	Não.	H4
91	P	Isso ele não explica.	A5
92	E2G3	Mas quando a gente fez esse modelo, a gente tava pensando que no mar eles ficam mais ou menos separados, eu não acho que eles ficam juntos.	H3
93	P	Não, mas presta atenção.	A3
94	P	No mar o sal está sólido ou está dissolvido?	A7
95	E2G3	Está dissolvido.	H5
96	P	Mas isso aqui não é o sal dissolvido que você está representando, pois quando vocês representaram dissolvidos, vocês representaram separados e com a água no meio. Ai vocês falaram que quando a água vai embora, eles se unem, dois a dois, certo?	A5
97	P	Então isso aqui não está representando ele dissolvido, está representando ele no estado sólido.	A3
98	P	Então, isso aqui explica porque a temperatura de fusão é tão alta?	A9
99	E1G3	Não.	H4
100	P	Vocês concordam comigo que isso aqui não pode representar um grão de sal?	A9
101	E1G3	Concordo. <u>Aquela hora você tinha falado que não seria só isso aqui, senão ia ser minúsculo mesmo.</u>	H11
102	P	O contrário, não seria minúsculo, seria maiúsculo mesmo. Seria muito grande.	A3
103	P	E o átomo é de uma dimensão que a gente consegue ver, com algum instrumento?	A7
104	E1G3	Não.	H4
105	P	É por isso que a gente precisa do modelo pra ver, não é verdade? Porque é pra lidar com uma realidade que não está ao alcance dos nossos sentidos. Então é importante a gente pensar, é necessário ou não reformular o modelo? É? E nós tiramos da cabeça a ideia de que isso aqui representa um grão?	A5

106	P	E aí?	A9
107	E1G3	É esse modelo aqui (figura 4.2). Assim, juntinho, mas não precisa ser igual.	H8
108	P	Esse modelo, bom, não necessariamente com essa organização, vocês podem propor até outra.	A3

Atividade 7

O objetivo da atividade 7 era confirmar qual modelo explicava melhor o comportamento do cloreto de sódio a partir de um novo teste para o modelo em uso.

Grupo 2

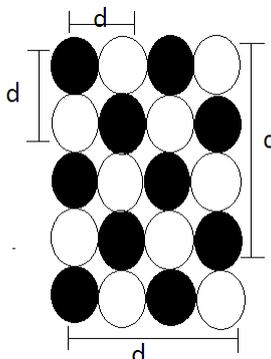
O trecho selecionado (quadro 4.18) diz respeito à discussão dos estudantes do grupo 2 com a professora. Tal discussão se inicia na Atividade 6, mas a reformulação do modelo inicial só ocorre durante a realização da Atividade 7, em outro dia.

Quadro 4.18. T3G2 registrado durante as Atividades 6 e 7. *Conhecimento inicial*: O modelo (figura 4.6) explica a alta temperatura de fusão do NaCl. *Conhecimento final*: Esse modelo precisa ser reformulado, pois as bolinhas precisam representar as partículas e não grãos de NaCl.

Turno	Sujeito	T3G2	Classificação
1	E2G2	<p>Aqui, a gente acredita que o nosso modelo (figura 4.6) é capaz de explicar.</p>  <p>Figura 4.6. Reprodução do modelo feito pelo grupo 2 para o NaCl sólido.</p>	H4
2	E2G2	Então, a gente colocou assim: <u>porque o nosso modelo representa o processo de fusão.</u>	H11
3	P	Isso não explica.	A3
4	A2G2	Não explica?	H3
5	P	Não. Vou te mostrar como ele teria que explicar. Não é que eu esteja dizendo que seu modelo não explica, mas o que você escreveu não explica.	A3
6	E2G2	Mas o meu modelo explica?	H3

Paula Paganini Costa

7	E2G2	Ficou o cloreto de sódio no final, entendeu? Aí ficou uns que teve atração e uns que não teve. A gente colocou separado.	H9
8	P	Então vamos lá, o modelo de vocês seria tipo isso daqui (figura 4.6), alguns que interagem entre eles, e outros que estão... esses estão interagindo e os outros separados.	A9
9	E2G2	<u>Separados. Dependendo da distância, não tem força de atração.</u>	H11
10	P	Isso aqui (conjunto de duas bolinhas na figura 4.6) seria, por exemplo, Cl^- e Na^+ ?	A8
11	E2G2	É.	H9
12	P	E aqui (conjunto de quadro bolinhas na figura 4.6) vocês estão mostrando Cl^- e Na^+ ...	A8
13	E2G2	Que teve atração...	H9
14	P	Com outro. O que eu quero saber é o seguinte: quando isso aqui (modelo representado na figura 4.6) passa pro líquido, as partículas separam?	A9
15	E2G2	Sim.	H4
16	P	Elas separam.	A3
17	P	Então no líquido estariam assim...	A8
18	E2G2	Separadas.	H9
19	P	Todas separadas.	A5
20	P	O que eu quero que você me fale é se seu modelo explica porque tem que fornecer tanta energia pra separar essas partículas.	A9
21	E2G2	Como o que? Por que tem que fornecer tanta...	H3
22	P	Porque tem que fornecer muita energia, que é 808°C . E 808°C é muito elevado?	A9
23	E2G2	É.	H5
24	P	Tanto que a chama do fogão é 300°C . 808°C seria o que? O forno de uma siderúrgica, de uma usina.	A3
25	P	Então significa que seu modelo vai ter que explicar porque tem que fornecer tanta energia pra eles (íons) separarem.	A1
26	E2G2	Ah, por que tem que fornecer?	H3
27	P	É. Ai vocês vão ter que me falar se as interações são fortes ou fracas.	A3
28	E2G2	As interações são fortes.	H4
29	P	Mas seu modelo mostra que elas são fortes?	A9
30	E2G2	Eu acho que não.	H4

31	P	Eu acho que seu modelo mostra parcialmente.	A3
32	P	Porque no seu modelo não tem umas que estão assim interagindo com várias (referindo-se ao aglomerado de quatro íons mostrado na figura 4.6)? E tem umas que estão separadas (referindo-se ao par iônico mostrado na figura 4.6)? Vocês estão propondo um modelo assim meio híbrido, umas estão lá separadinhas e outras estão juntas.	A5
33	P	Acho que vocês têm que pensar nisso.	A8
34	E2G2	Então você acha que tem que colocar tudo junto ou separado?	H3
35	P	Aí eu te pergunto: se for separado vai gastar mais ou menos energia?	A7
36	E3G2	Menos energia.	H4
37	P	Você acha que menos? Então teria que juntá-las mais, porque aí elas estariam mais atraídas, aí poderia gastar mais energia.	A3
38	E2G2	Então a gente vai reformulá-lo...	H1
39	P	Reformular um pouquinho porque seu modelo já tinha ideia de que elas podiam estar todas juntas.	A1
40	E2G2	Ai colocando as partículas mais unidas ainda.	H4
41	E3G2	<u>Acho que nem todas (partículas) vão ter a mesma atração que outras porque acho que nem todas vão estar com os polos voltados, virados pra polos diferentes, uns vão ter atração maior do que a outras.</u>	H11
42	P	Pode ser que possa ter uma atração maior ou menor do que a outra pode, mas mesmo assim elas vão estar se ...	A3
43	E3G2	Então, aí podem ter partículas que vão estar bem unidas e outras vão estar mais separadas, como se fosse assim (desenha para mostrar que quanto maior a distância, menor a atração).  Figura 4.7: Reprodução do desenho feito por E3G2 para explicar sua ideia sobre a distância entre os íons.	H9
44	P	O que eu tô querendo dizer é o seguinte: se existe essa	A3

		diferença de atração, como você está falando, isso justifica a temperatura de fusão ser tão elevada?	
45	E3G2	Não.	H4
46	P	Então você tem que pensar se seu modelo vai ser assim ou com elas todas interagindo.	A1
47	E3G2	Ah tá.	H1
(Início da Atividade 7. A professora se aproxima do grupo.)			
48	E2G2	Você acha que isso aqui está certo?	H3
49	P	Então me deixa perguntar. Tem quatro bloquinhos aqui de...	A8
50	E2G2	Significa quatro grãosinhos de sal. A gente acredita que um grãosinho de sal...	H9
51	E3G2	Mais ou menos. Traz várias moléculas.	H9
52	P	Entendi. Então cada bloco seria um grão?	A8
53	E2G2	Um grãosinho de sal.	H9
54	E3G2	É. Claro que não tem só isso.	H5
55	P	Ah tá, isso que eu ia perguntar, isso aí é... mas porque vocês quiseram mostrar isso? Eu não entendi. Por que vocês quiseram mostrar os grãos?	A8
56	E2G2	<u>Sei lá professora, porque a gente quis mostrar isso.</u>	H11
57	E2G2	Você queria que a gente colocasse tudo junto?	H3
58	P	Não, queria que vocês representassem o NaCl.	A1
59	E2G2	Sei lá, a forma que a gente achou.	H9
60	P	Se esse NaCl não tivesse vindo do mar, tivesse vindo por exemplo de uma reserva mineral, vocês sabem que tem? O cloreto de sódio pode ser encontrado como mineral?	A3
61	E3G2	Não.	H4
62	P	Então ao invés de pedrinhas assim, seria uma "rochona" assim de NaCl.	A3
63	P	E aí?	A9
64	A2G2	E aí que seriam milhões e milhões de cloreto de sódio.	H4
65	P	Milhões e milhões do que?	A9
66	E3G2	De partículas unidas.	H4
67	P	De partículas unidas. Ok.	A5
68	P	Eu realmente queria compreender porque vocês julgaram importante desenhar os cristais separadamente.	A8
69	E3G2	No caso foi incoerente por causa disso. <u>Porque a gente quer mostrar que tem milhões, milhares de partículas unidas.</u> E aqui nós estamos demonstrando uma pequena quantidade e	H11

Paula Paganini Costa

		a pessoa que está analisando não vai conseguir entender.	
70	P	Eu acho que quem olhasse talvez tivesse ideias diferentes do que vocês estão pensando.	A3

CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Comentários Iniciais

Como apresentado no capítulo 3, visando favorecer a visualização da dinâmica das discussões, construímos gráficos para cada um dos quadros apresentados no capítulo anterior. Nesses gráficos, o eixo das abscissas foi utilizado para representar os turnos de fala e o eixo das ordenadas foi utilizado para representar as ações da professora (em um quadrante) e as habilidades manifestadas pelos estudantes (no outro quadrante). Todos os pontos foram assinalados da mesma maneira (◆), com exceção daqueles correspondentes a questões geradoras, que foram grafados de forma diferenciada (⊕).

Após algumas tentativas de construção e interpretação dos gráficos, percebemos que seria importante agrupar ações da professora que tinham algum objetivo em comum e as habilidades dos estudantes que se relacionavam entre si. Ao fazer isto, definimos a ordem de apresentação dessas ações no quadro 3.1. Assim, as ações A1 e A2 estão relacionadas com o favorecimento da participação dos estudantes na discussão, A3 a A5 estão relacionadas ao fornecimento de alguma informação para os estudantes e A6 a A9 estão relacionadas a questionamentos. No caso dos estudantes, H1 e H2, são habilidades relacionadas a dúvidas gerais sobre a atividade; H3 a H7 são habilidades relacionadas à elaboração de modelos; H8 a H10 são habilidades relacionadas à expressão de modelos; e H11 a H13 são habilidades relacionadas à argumentação.

Este capítulo é dividido em três partes. Na primeira, apresentamos os gráficos correspondentes a cada um dos quadros apresentados no capítulo anterior, seguido da discussão de cada momento de co-construção. Na segunda, retomamos apenas alguns gráficos, acrescentando neles alguns elementos que nos possibilitam discutir a categorização geral desses momentos, assim como estabelecer e discutir relações entre momentos de co-construção específicos e as etapas do processo de modelagem. Finalmente, na terceira parte, com o auxílio de dois quadros, identificamos as principais ações da professora, que favoreceram o processo de co-construção, e as principais habilidades manifestadas pelos estudantes.

Discussão dos Momentos de Co-construção

O quadro 4.1 diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 2, e entre eles, durante a Atividade 1. Ele está representado no gráfico 5.1.

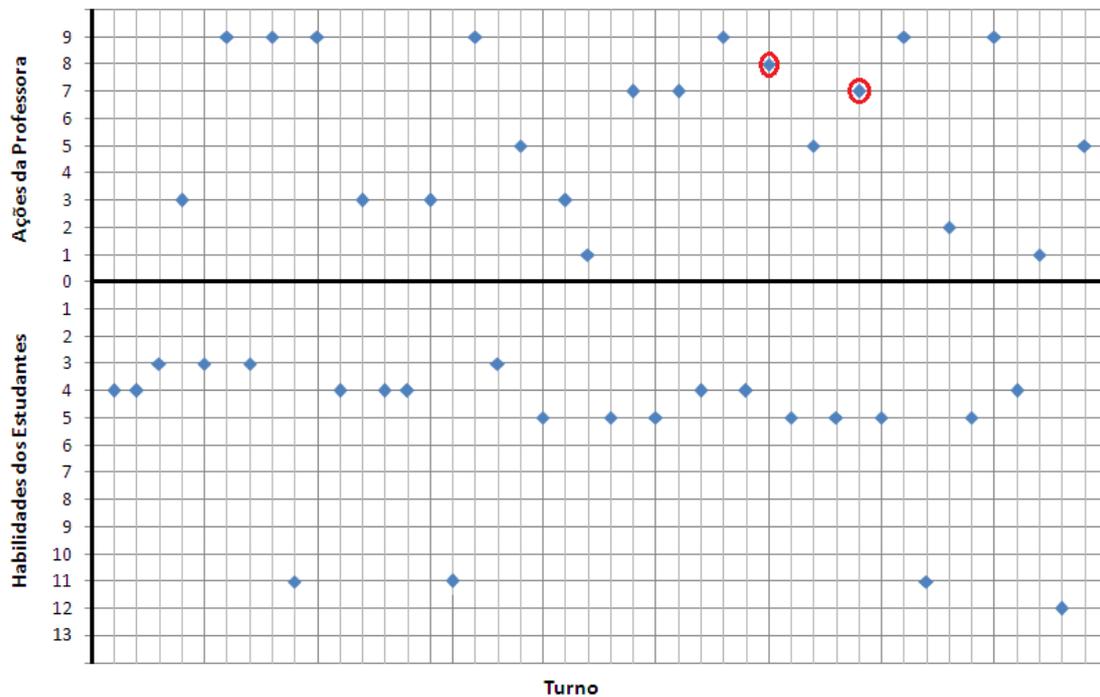


Gráfico 5.1. Representação gráfica do quadro 4.1.

Por se tratar de um tipo de atividade que os estudantes não estavam acostumados a realizar, na maior parte do tempo eles demonstraram estar em dúvida, o que pode ser evidenciado através da frequência com que eles formularam hipóteses e elaboraram questões. As ações da professora foram muito variadas. Percebemos que a professora variava mais suas ações de acordo com as dúvidas dos estudantes, ou seja, quanto mais inseguros os estudantes estavam em relação a um determinado assunto, mais a professora variava suas ações de forma a tentar ajudá-los. A maior parte das ações da professora, dizia respeito às questões sobre as hipóteses, ideias ou modelos atuais dos estudantes, ao fornecimento de alguma informação para dar suporte à discussão dos estudantes, a dar informações de forma que os estudantes entendessem o que a atividade estava solicitando e a questionar os estudantes sobre os seus conhecimentos prévios necessários para realizar a atividade.

Duas questões geradoras foram feitas: uma relacionada aos códigos de representação utilizados pelos estudantes e outra em relação aos conhecimentos prévios necessários para a realização da atividade. As questões geradoras podem produzir uma divergência em relação às

ideias dos estudantes, o que pode fazer com que eles substituam suas ideias originais ou adicionem algum aspecto às mesmas. Nos turnos 30 e 34 do trecho T1G2, a professora elaborou questões geradoras que foram respondidas a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes. O que difere as duas situações é o tipo de resposta dada pelos estudantes: enquanto no turno 30 a resposta do estudante representa uma adição de uma nova ideia à sua inicial, no turno 34 o estudante substitui sua ideia inicial por outra. Nesta etapa, os estudantes produziram alguns argumentos, principalmente em momentos nos quais eles pareciam estar mais confiantes em relação às suas ideias. Neste diálogo, as questões geradoras feitas pela professora foram as ações que mais contribuíram para a modificação das ideias iniciais dos estudantes.

O quadro 4.2 diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 4, e entre eles, durante a Atividade 1. Os dados desse quadro estão representados no gráfico 5.2.

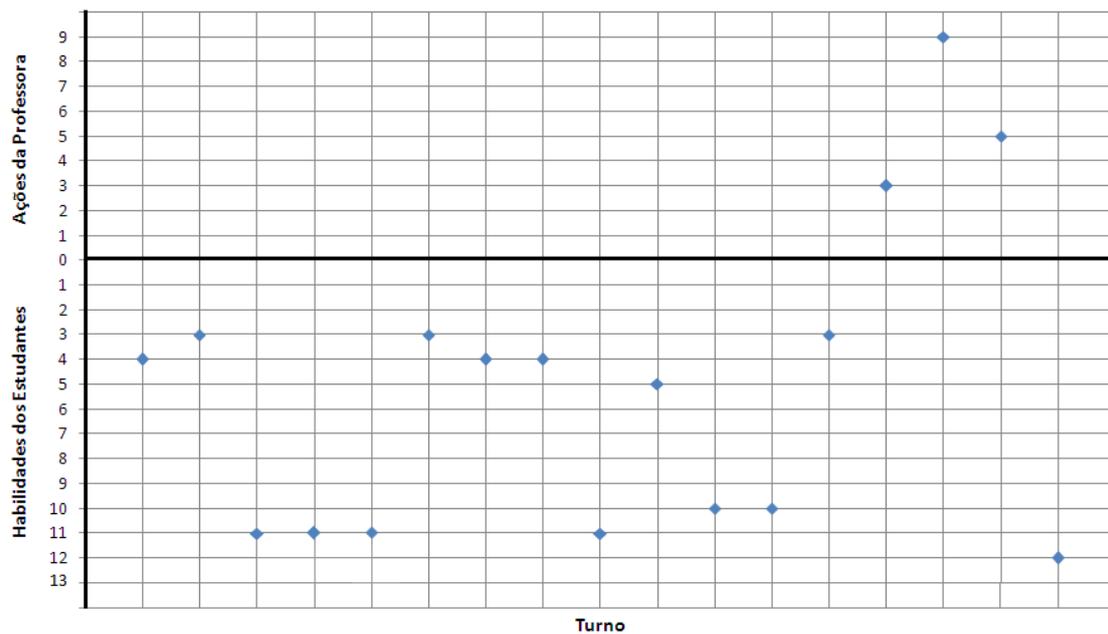


Gráfico 5.2. Representação gráfica do quadro 4.2.

Neste caso, os estudantes se mostraram mais confiantes do que os estudantes do grupo comentado anteriormente (quadro 4.1) em relação às suas opiniões. Talvez por isso, eles tenham formulado mais argumentos do que aqueles estudantes. A discussão ocorreu basicamente entre os estudantes: alguns levantaram dúvidas e outros as esclareceram elaborando hipóteses. Durante a discussão, ocorreu um intervalo nas filmagens (entre os turnos 5 e 6 no gráfico) e, em seguida, os estudantes continuaram discutindo apenas entre

eles. A professora se aproximou apenas para sintetizar as ideias dos estudantes para que eles pudessem concluir o raciocínio.

O gráfico 5.3 representa os dados do quadro 4.3, que diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 3, e entre eles, durante a Atividade 2.

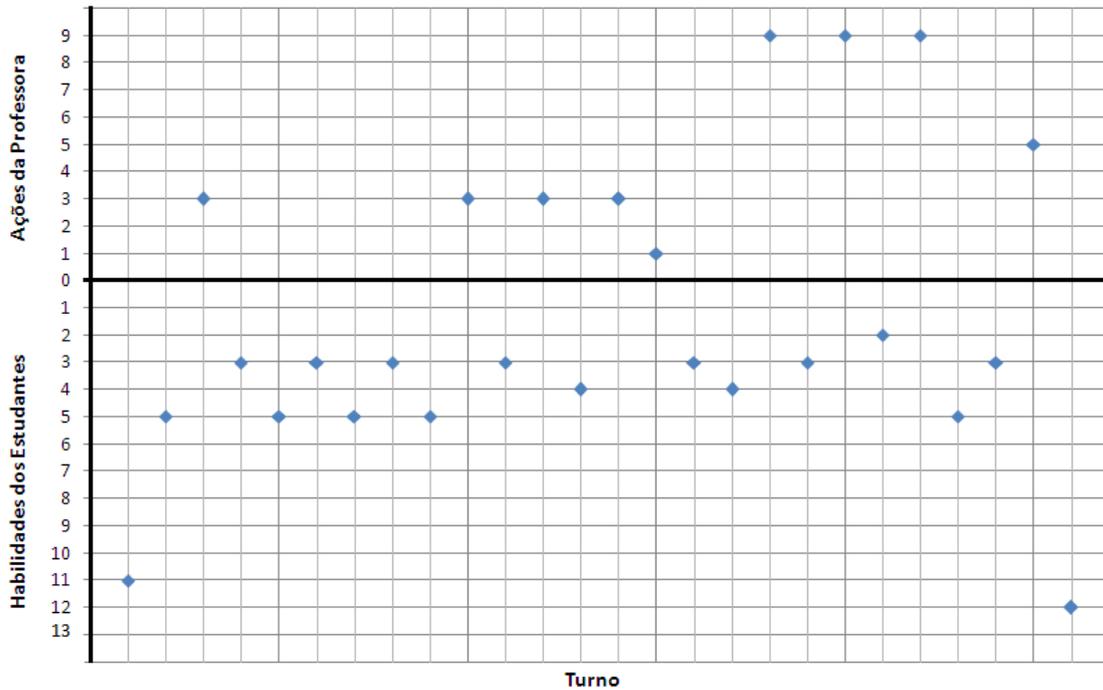


Gráfico 5.3. Representação gráfica do quadro 4.3.

Por se tratar da primeira atividade em que os estudantes iriam modelar algum sistema (funcionamento da cola), algo que eles nunca haviam feito antes, eles demonstraram ter muitas dúvidas ao formularem hipóteses e elaborarem questões. As ações da professora foram muito variadas. A maior parte das ações consistiu na elaboração de questões sobre as hipóteses, ideias ou modelos atuais dos estudantes, no fornecimento de alguma informação para dar suporte à discussão dos estudantes e no fornecimento de informações de forma que os estudantes entendessem o que a atividade estava solicitando. No início da discussão, os estudantes formularam um argumento que justificava o porquê de a cola colar. Entretanto, foi preciso a ação da professora para que suas ideias iniciais fossem reformuladas. No final da discussão, a professora sintetizou as ideias dos estudantes expressas anteriormente e, assim, eles foram capazes de concluir o raciocínio, elaborando uma teoria alternativa em relação ao argumento inicial. Neste diálogo, podemos destacar a questão feita pela professora no turno 18, que direcionou a discussão dos estudantes para que eles modificassem suas ideias iniciais.

O quadro 4.4 diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 4, e entre eles, durante a Atividade 2. Os dados desse quadro estão representados no gráfico 5.4. O gráfico 5.4 também representa os dados do quadro 4.5, que é continuação do quadro 4.4, mas apresenta o diálogo ocorrido após o intervalo entre as duas aulas⁹, quando os estudantes elaboraram um argumento, direcionado à professora, sobre o porquê de a cola colar.

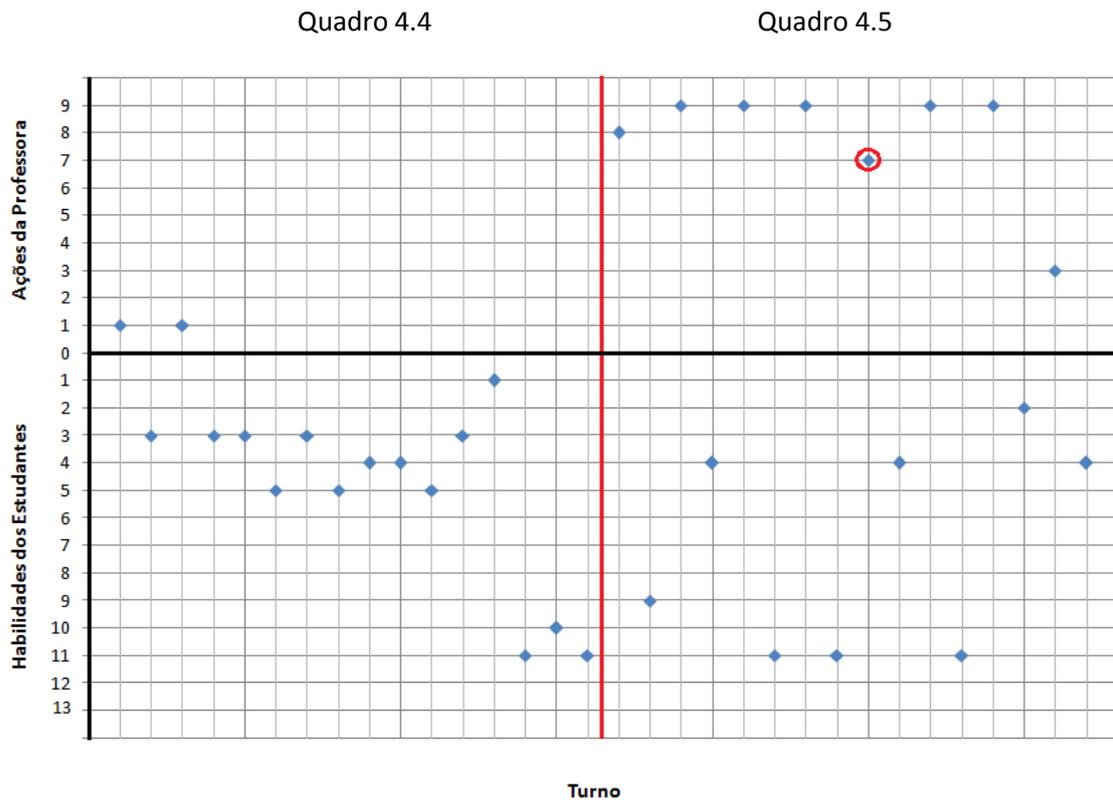


Gráfico 5.4. Representação gráfica dos quadros 4.4 e 4.5.

Assim como na situação apresentada no quadro 4.3, por se tratar da primeira atividade em que os estudantes iriam modelar algum sistema (funcionamento da cola), algo que eles nunca haviam feito antes, inicialmente eles também demonstraram estar em dúvida, formulando hipóteses e elaborando questões. Nessa etapa, a professora apenas esclareceu as dúvidas iniciais dos estudantes sobre o entendimento da atividade e eles chegaram sozinhos a uma conclusão.

Após o intervalo entre as aulas, a professora começou a questioná-los sobre o modelo proposto e sobre suas ideias até que, no final da discussão, eles elaboraram uma hipótese, mostrando que, naquele momento, já não estavam tão certos de suas ideias iniciais. A

⁹ A primeira aula aconteceu no 3º horário e a segunda no 5º horário.

professora utilizou uma questão geradora relacionada aos conhecimentos prévios dos estudantes (turno 25), que foi respondida com a elaboração de uma hipótese relacionada com a ideia inicial dos mesmos. Em seguida, no turno 29, a professora reestruturou a sua pergunta e, a partir daí, os estudantes reformularam sua ideia inicial.

O gráfico 5.5 representa os dados apresentados no quadro 4.6, que diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 2, e entre eles, durante a Atividade 3.

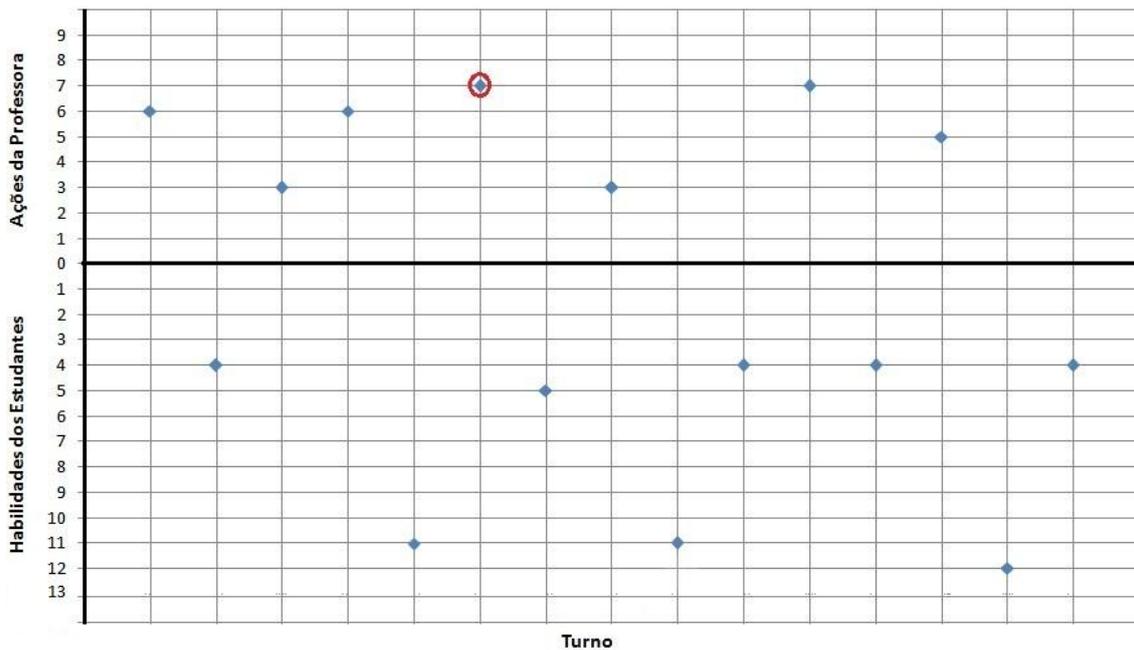


Gráfico 5.5. Representação gráfica do quadro 4.6.

Apesar de ser a primeira atividade experimental (queima do magnésio) realizada pelos estudantes nas atividades sobre ligações iônicas, eles demonstraram confiança em argumentar sobre algo que estavam observando. Algumas hipóteses sobre o experimento foram levantadas pelos estudantes com o intuito de responder às questões feitas pela professora sobre o entendimento adequado das observações empíricas. A professora também precisou fornecer informações para favorecer o desenvolvimento do raciocínio dos estudantes. Ela utilizou uma questão geradora no turno 6, relacionada aos conhecimentos prévios dos estudantes, que foi respondida com a elaboração de um argumento pelo estudante. A partir daí, os estudantes reformularam sua ideia inicial e mudaram a direção da discussão.

O quadro 4.7 diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 3, e entre eles, sobre algumas dúvidas decorrentes das questões propostas na Atividade 3. Seus dados estão representados no gráfico 5.6.

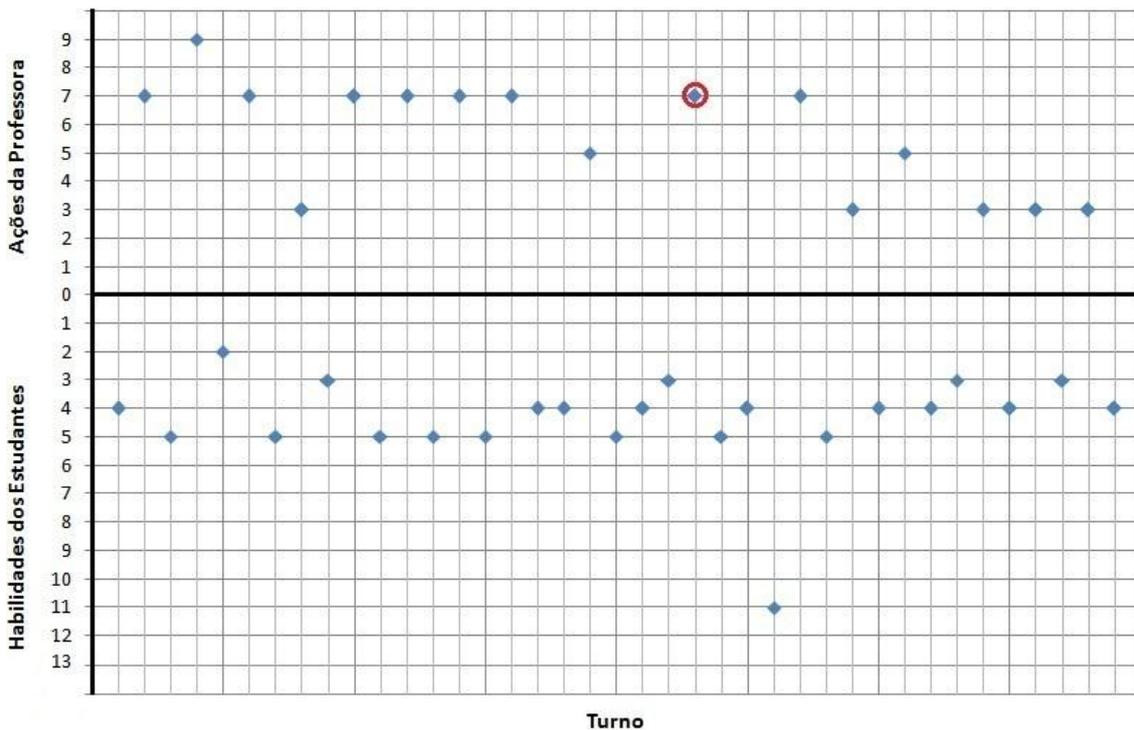


Gráfico 5.6. Representação gráfica do quadro 4.7.

Os estudantes tinham uma hipótese inicial incoerente em relação a como o ferro é encontrado na natureza. As ações da professora, principalmente questionando-os sobre seus conhecimentos prévios e fornecendo informações para dar suporte à discussão dos mesmos, contribuíram para que eles chegassem ao conhecimento cientificamente aceito. Os questionamentos da professora fizeram com que os estudantes, principalmente, formulassem hipóteses, utilizassem conhecimentos prévios e formulassem questões. As habilidades manifestadas pelos estudantes sugerem insegurança sobre o assunto que estava sendo discutido. No turno 23, a professora utilizou uma questão geradora relacionada aos conhecimentos prévios dos estudantes, o que gerou uma resposta relacionada à utilização desses conhecimentos prévios. A partir daí, os estudantes fizeram adições às suas ideias iniciais e mudaram a direção da discussão.

O quadro 4.8 diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 3, e entre eles, durante a realização da segunda atividade experimental proposta na Atividade 3: garrafa mágica. Seus dados estão apresentados no gráfico 5.7. O gráfico 5.7 também apresenta os dados do quadro 4.9, que contém a continuação da discussão iniciada no quadro 4.8.

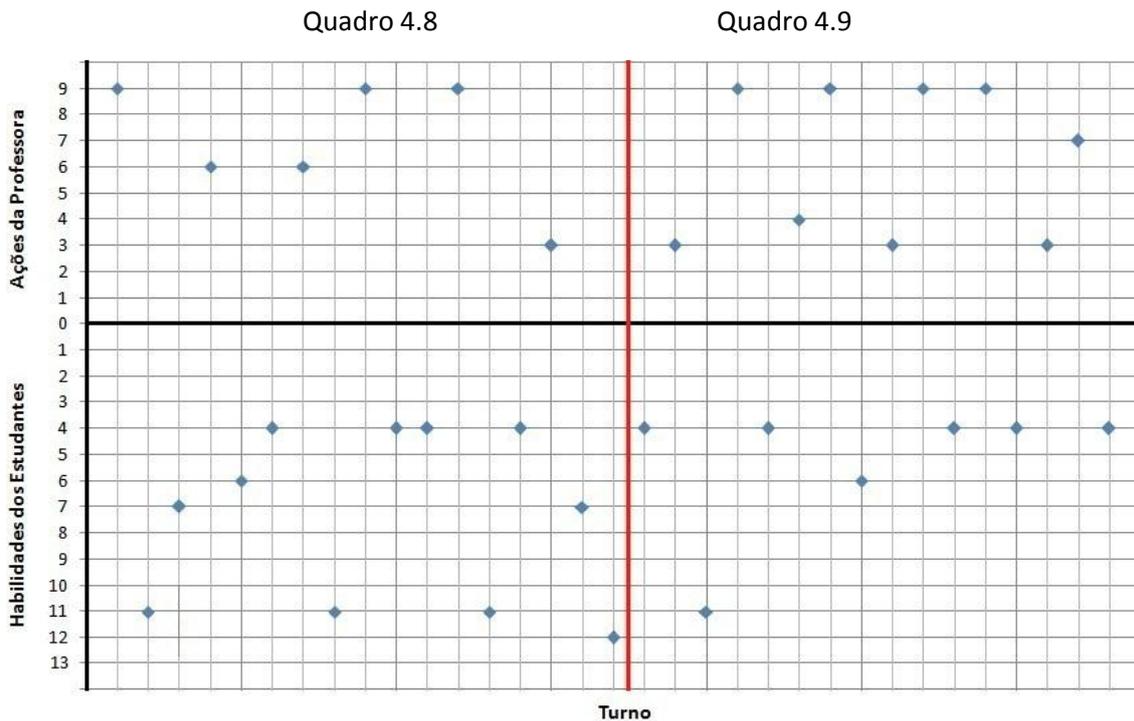


Gráfico 5.7. Representação gráfica dos quadros 4.8 e 4.9.

A quantidade de argumentos produzida nesta parte da atividade foi superior à que havia sido produzida nas outras atividades analisadas até este momento, indicando que os estudantes estavam mais confiantes em relação às suas opiniões. A interferência da professora ficou restrita a questionar os estudantes sobre suas ideias e modelos e a questionar sobre o entendimento adequado das observações empíricas. Foi interessante observar que, nesse trecho, um dos estudantes concluiu seu raciocínio e modificou sua ideia original através da elaboração de uma analogia.

A segunda parte do gráfico 5.7 representa o momento em que os estudantes do grupo 3 estavam tentando entender o conceito de densidade, algo que eles demonstraram não saber. Talvez por isso, a produção de hipóteses foi bastante frequente. Buscando favorecer a elaboração dessas hipóteses, ou discuti-las, a professora variou mais os tipos de interferência que utilizou: questionar as ideias e modelos dos estudantes, questionar sobre seus conhecimentos prévios, fornecer um contraexemplo e fornecer determinadas informações com o objetivo de favorecer o entendimento do estudante.

O gráfico 5.8 representa os dados dos quadros 4.10, 4.11 e 4.12 que apresentam a discussão dos estudantes do grupo 4 durante a Atividade 3.

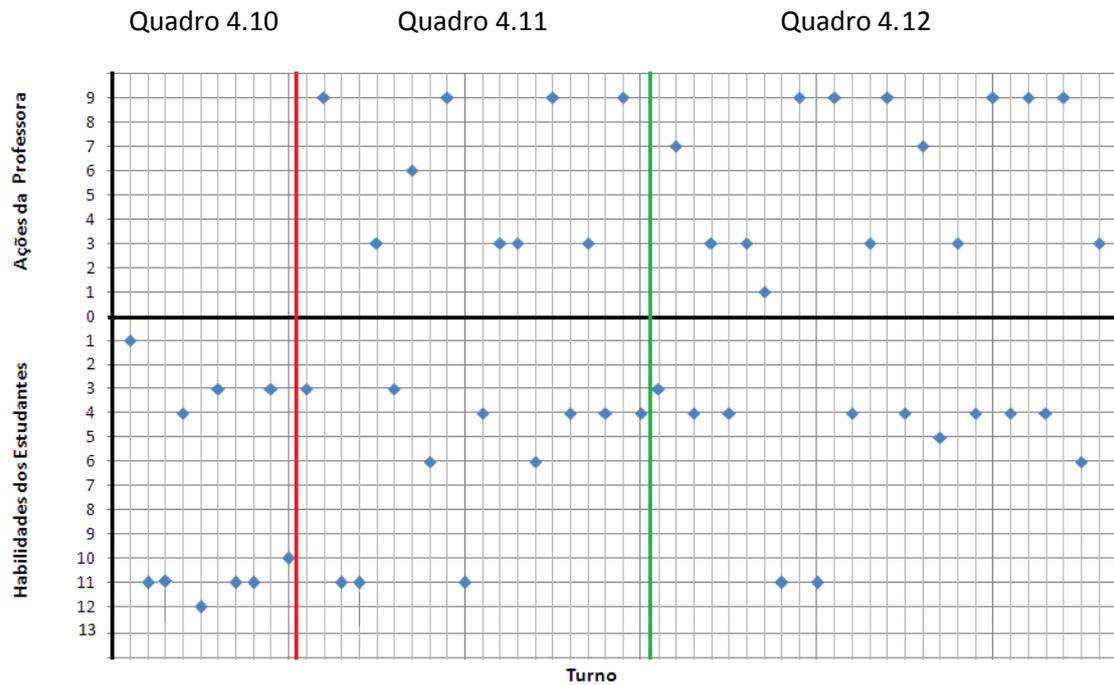


Gráfico 5.8. Representação gráfica dos quadros 4.10, 4.11 e 4.12.

Na parte inicial do gráfico (dados do quadro 4.10), foram formulados mais argumentos se comparados com as análises dos quadros anteriores, o que sugere mais confiança dos estudantes em expor suas opiniões. A professora não participou dessa discussão. Portanto, os estudantes chegaram a uma conclusão interagindo apenas entre eles. Algumas dúvidas apareceram em forma de hipóteses, mas foram solucionadas entre os próprios estudantes.

A análise dos trechos correspondentes aos quadros 4.11 e 4.12 evidencia um mesmo padrão, no qual se percebe que os estudantes tinham dúvidas e, assim, geraram muitas hipóteses e elaboraram questões durante a discussão. Em contrapartida, a professora variou muito suas ações, como já havia sido observado em outras situações de maior insegurança dos estudantes. Dentre as principais ações utilizadas pela professora, se destacaram: questionar sobre as ideias e modelos dos estudantes, questionar sobre os conhecimentos prévios dos estudantes, questionar sobre o entendimento adequado das observações empíricas e fornecer alguma informação para ajudar o entendimento dos estudantes sobre determinado problema.

Os dados dos quadros 4.13, 4.14 e 4.15 (relativos à discussão da professora com os estudantes do grupo 3, e entre eles, durante a Atividade 5) estão apresentados no gráfico 5.9.

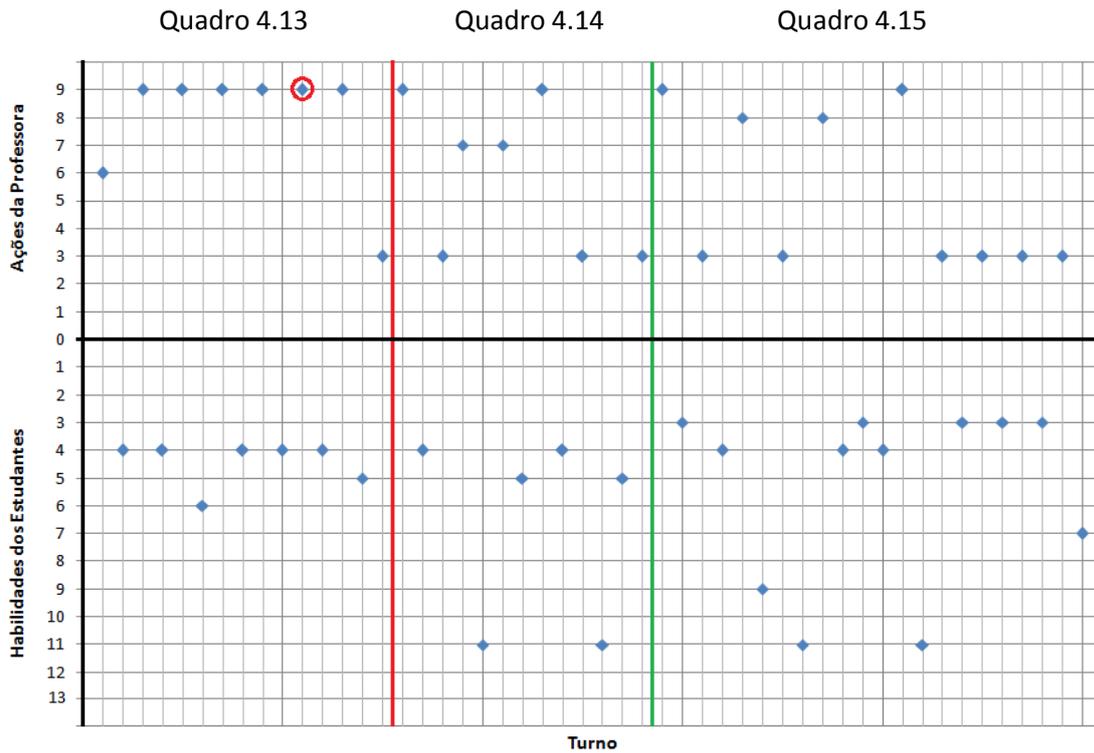


Gráfico 5.9. Representação gráfica dos quadros 4.13, 4.14 e 4.15.

Inicialmente, a professora solicitou que os estudantes imaginassem o que aconteceria ao se adicionar sal de cozinha à água, ou seja, a professora favoreceu a realização de experimentos mentais. Os estudantes não se mostraram seguros em relação às perguntas da professora, o que pôde ser percebido através da formulação apenas de hipóteses (como evidenciado no trecho do gráfico 5.9 correspondente ao quadro 4.13). A ação principal realizada pela professora foi o questionamento sobre as ideias e modelos dos estudantes.

Como evidenciado pela análise comparativa dos três trechos do gráfico 5.9, o padrão das habilidades manifestadas pelos estudantes no trecho apresentado no quadro 4.14 (durante a elaboração do modelo) é o mesmo do trecho apresentado no quadro 4.13, ou seja, a formulação de hipóteses se destaca. A diferença se encontra nas ações da professora, que, no segundo trecho, são mais variadas, provavelmente em busca do melhor entendimento dos estudantes sobre o problema discutido. Podemos destacar dentre as ações da professora: questionar os estudantes sobre ideias e modelos, questionar sobre seus conhecimentos prévios e fornecer informações para favorecer o entendimento dos mesmos.

Por outro lado, no trecho final do gráfico 5.9 (correspondente aos dados do quadro 4.15, quando os estudantes estavam elaborando e expressando os seus modelos), o padrão das ações da professora e habilidades manifestadas pelos estudantes se diferenciou em

relação àquele observado nos trechos anteriores. Os estudantes se mostraram mais seguros em expressar suas opiniões formulando argumentos e explicando os seus códigos de representação. As principais ações da professora foram: questionar as ideias e modelos dos estudantes, questionar os códigos de representação utilizados por eles em seus modelos e fornecer alguma informação para favorecer o entendimento dos mesmos sobre determinado problema.

O quadro 4.16 diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 3, e entre eles, durante a Atividade 6. Seus dados estão representados no gráfico 5.10.

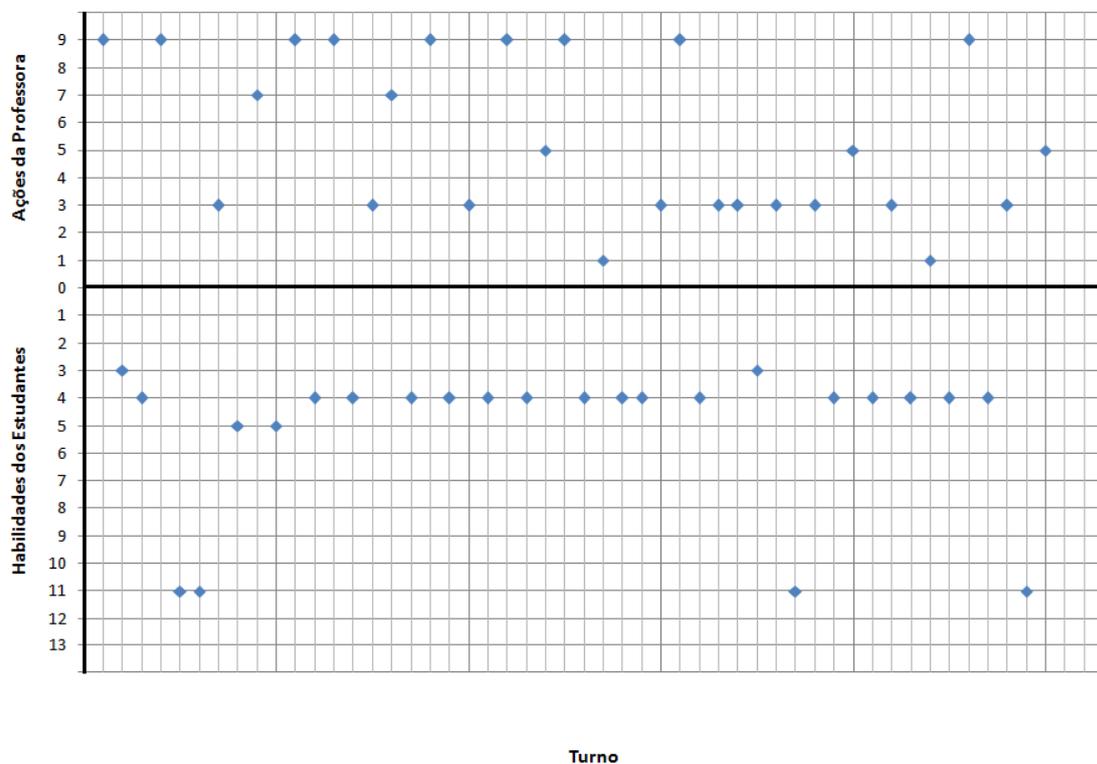


Gráfico 5.10. Representação gráfica do quadro 4.16.

No trecho representado no gráfico 5.10, os estudantes estavam realizando o primeiro teste do modelo elaborado por eles, algo que era totalmente novo. Naquele contexto, a principal habilidade manifestada pelos estudantes foi a formulação de hipóteses. Apesar de acontecer um intervalo nas filmagens desse grupo (entre os turnos 33 e 34), o padrão se manteve o mesmo quando a professora se aproximou e voltou a interagir com os estudantes. É interessante notar que a conclusão dos estudantes sobre o assunto que estava sendo discutido foi finalizada com a produção de um argumento, o que parece mostrar certeza e entendimento sobre o que estava sendo discutido. Em relação às ações da professora, essas se

mostraram muito variadas, o que é condizente com a nossa observação inicial de que quanto mais linear o gráfico dos estudantes, mais heterogêneo é o gráfico da professora. Entendemos que isso se deveu ao esforço da professora para que os estudantes entendessem o que estava sendo discutido. Assim, suas principais ações foram: questionar as ideias e modelos dos estudantes, fornecer alguma informação para favorecer o entendimento dos mesmos sobre determinado problema, questioná-los sobre seus conhecimentos prévios e sintetizar as ideias expressas anteriormente.

O quadro 4.17 é a continuação da discussão iniciada no quadro 4.16. Apesar disso, como ambos os trechos são grandes, seus dados estão apresentados em outro gráfico (5.11).

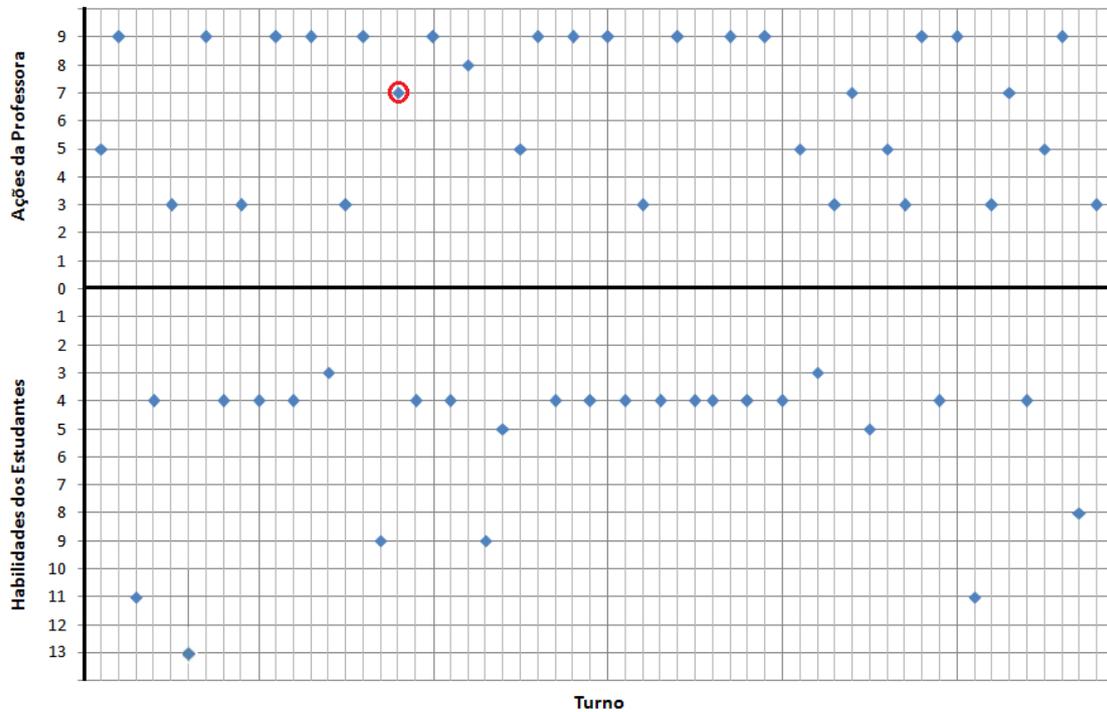


Gráfico 5.11. Representação gráfica do quadro 4.17.

É interessante destacar que a discussão sobre a possibilidade de o modelo proposto pelos estudantes explicar a alta temperatura de fusão do NaCl, apresentada no quadro 4.17, continua na aula do dia seguinte. Parece que a professora percebeu que suas ações não estavam sendo suficientes naquele momento para ajudar os estudantes a modificar suas ideias, o que fez com que ela interrompesse a discussão e a retomasse no dia seguinte, atingindo o objetivo proposto. Assim, no trecho apresentado no quadro 4.17, as ações da professora se mostraram muito variadas: questionar as ideias e modelos dos estudantes, fornecer alguma informação para favorecer o entendimento dos mesmos sobre determinado

problema e sintetizar as ideias expressas anteriormente. A professora também formulou uma questão geradora (turno 18) para ajudar no entendimento dos estudantes. Tal questão se relacionava aos conhecimentos prévios necessários para a realização da atividade. O estudante respondeu elaborando uma hipótese. A partir dessa hipótese, a professora pode entender melhor o que o estudante estava pensando e, assim, direcionar suas perguntas de modo a favorecer a modificação da ideia inicial. Os estudantes mostraram não ter muita certeza sobre suas opiniões, elaborando muitas hipóteses, o que se destaca entre as habilidades demonstradas por eles neste trecho.

Finalmente, o quadro 4.18 (cujos dados estão representados no gráfico 5.12) diz respeito à discussão da professora com os estudantes do grupo 2, e entre eles, durante as Atividades 6 e 7.

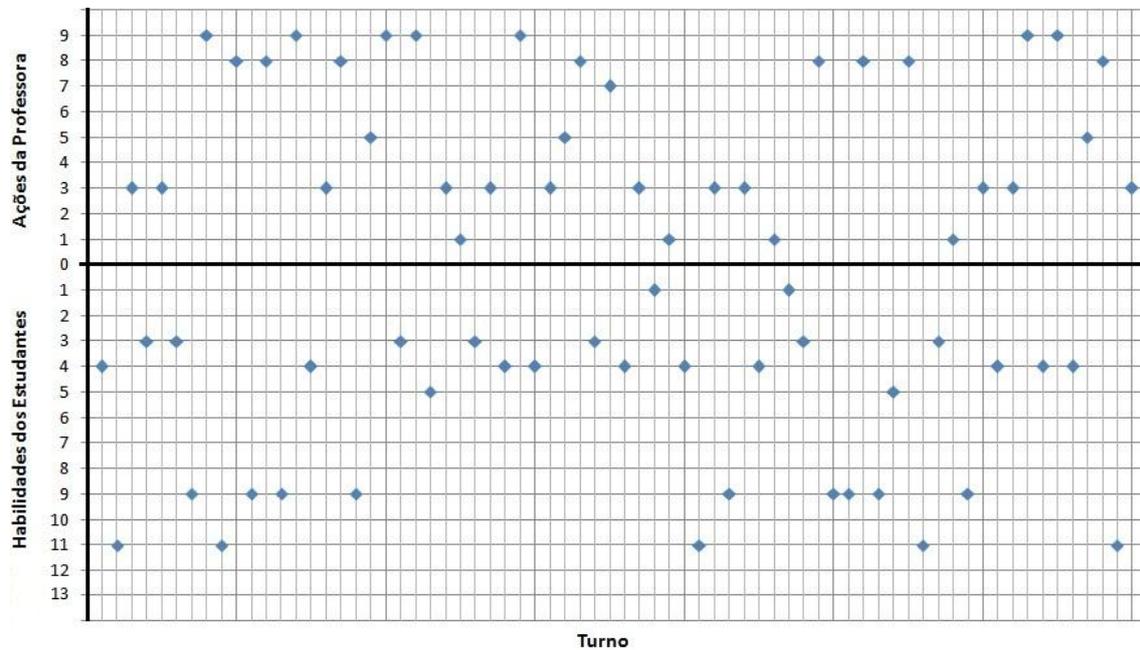


Gráfico 5.12. Representação gráfica do quadro 4.18.

Nessas discussões, tanto as ações da professora quanto as habilidades manifestadas pelos estudantes foram muito variadas. A nosso ver, isso pode ser explicado considerando que os estudantes não apenas explicavam as ideias sobre os seus modelos, mas também explicavam sobre os códigos de representação que eles utilizaram, o que é coerente coma tarefa que estava sendo realizada, e que era algo que eles dominavam. Isto é evidenciado pela presença de muitos argumentos elaborados pelos estudantes, além das hipóteses formuladas. A professora tentou entender os códigos de representação utilizados pelos estudantes através

de ações variadas como: questionar suas ideias e modelos, questionar os códigos de representação utilizados nos modelos, fornecer alguma informação para favorecer o entendimento dos estudantes sobre determinado problema, fornecer informações para o entendimento da atividade trabalhada e sintetizar as ideias expressas anteriormente.

Caracterização dos Momentos de Co-construção

Nesta etapa da análise, discutimos três momentos distintos:

- Momentos que não se relacionam diretamente com modelagem (quadros 4.1, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.11 e 4.12), identificados a partir de agora como *Situação 1*;
- momentos em que apenas os estudantes interagiram entre si (quadros 4.2, 4.4 e 4.10), identificados como *Situação 2*; e
- momentos em que as atividades se relacionam especificamente com modelagem (quadros 4.3, 4.5, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 e 4.18), identificados como *Situação 3*.

Na discussão de cada uma dessas situações, retomamos apenas alguns dos gráficos exibidos anteriormente, com o objetivo de facilitar a análise.

Como comentado no início deste capítulo, quando da construção dos gráficos, as ações da professora descritas no quadro 3.1 foram organizadas em grupos: ações voltadas para o favorecimento da participação dos estudantes nas discussões (A1 e A2), ações voltadas ao fornecimento de alguma informação para os estudantes (A3, A4 e A5) e ações voltadas a questionamentos (A6, A7, A8 e A9). As habilidades manifestadas pelos estudantes, descritas no quadro 3.2, foram divididas em quatro grupos: habilidades relacionadas a dúvidas gerais sobre a atividade (H1 e H2), habilidades relacionadas à elaboração de modelos (H3 a H7), habilidades relacionadas à expressão de modelos (H8 a H10) e habilidades relacionadas à argumentação (H11 a H13). A divisão das habilidades dos estudantes não é tão rígida como aquela proposta para as ações da professora, mas foi útil para subsidiar as discussões seguintes. Nos gráficos apresentados a partir de agora, cada um dos grupos de ações e habilidades foi assinalado com diferentes cores, também com o objetivo de facilitar a visualização dos aspectos discutidos.

Quando analisamos os momentos identificados como *Situação 1*, percebemos uma diferença significativa entre os processos de co-construção ocorridos em atividades exclusivamente teóricas (gráfico 5.13) e aqueles ocorridos em atividades que envolviam discussão de um experimento empírico (gráfico 5.14).

Paula Paganini Costa

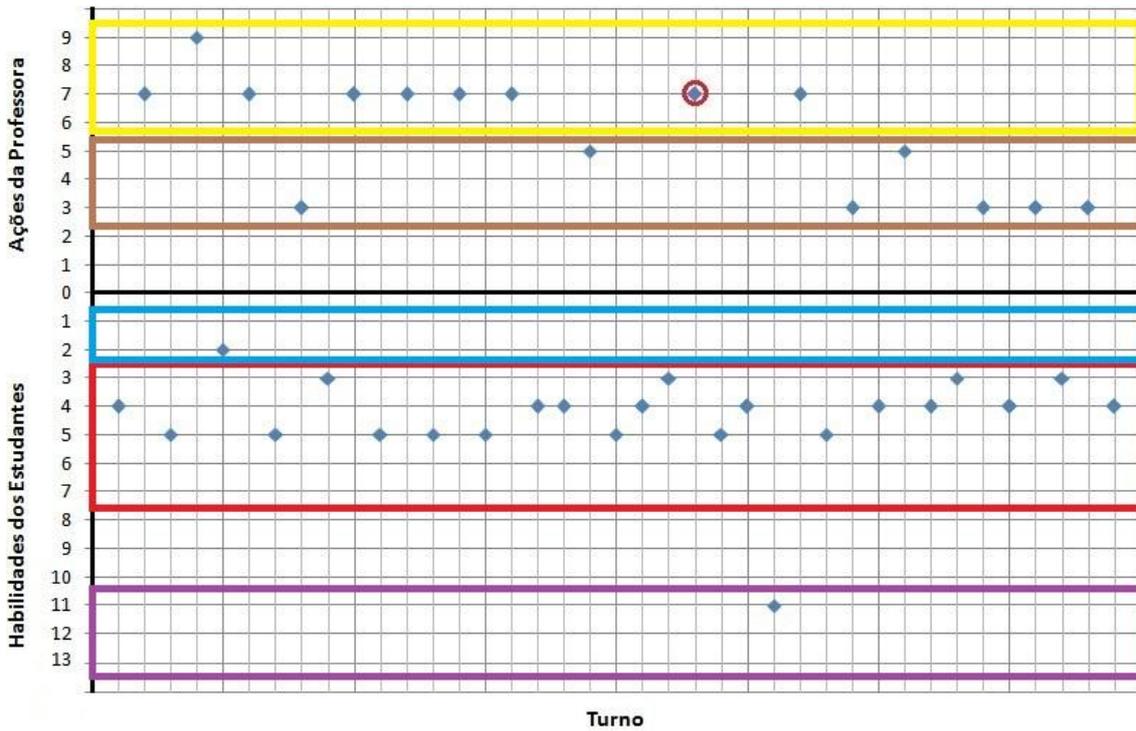


Gráfico 5.13. Representação gráfica do quadro 4.7 (discussão sobre a ocorrência do ferro como substância simples na natureza), com identificação dos grupos de ações e habilidades.

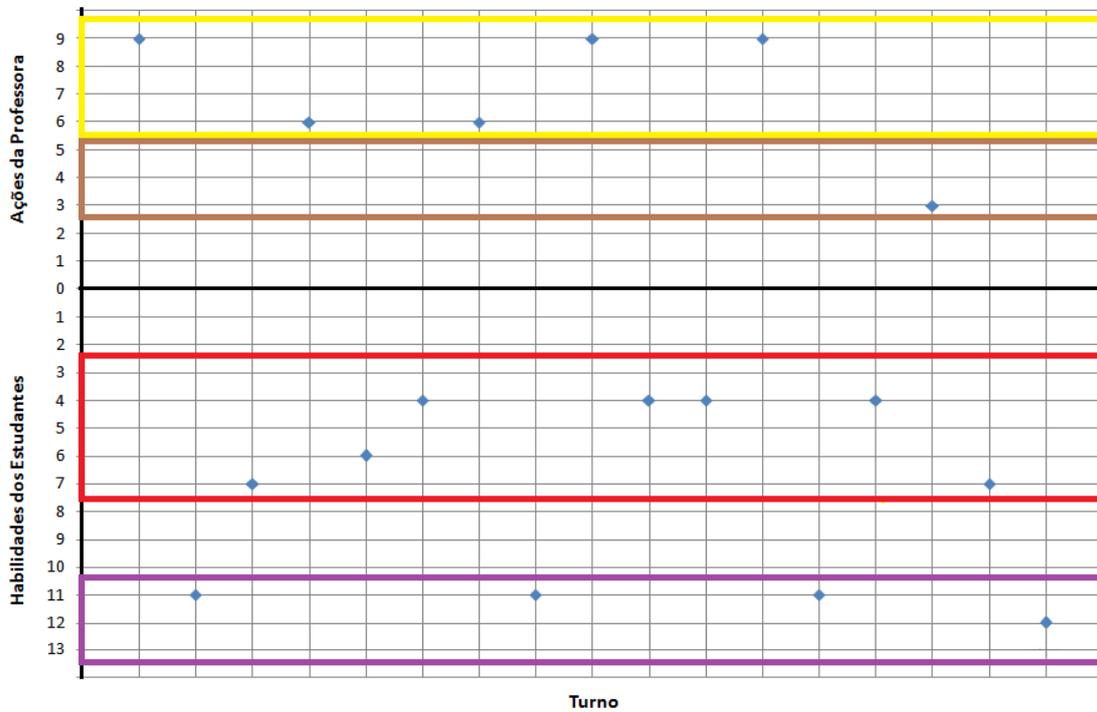


Gráfico 5.14. Representação gráfica do quadro 4.8 (discussão sobre o experimento da garrafa mágica), com identificação dos grupos de ações e habilidades.

Paula Paganini Costa

Analisando os gráficos 5.13 e 5.14, constatamos que as ações da professora variaram mais durante a discussão teórica sobre a ocorrência do ferro como substância simples na natureza (gráfico 5.13). Consideramos que isto pode ter acontecido em função de aquele ser um assunto que os estudantes não sabiam ou não se lembravam. Assim, a professora precisou se esforçar para que eles entendessem a discussão, alternando questões com fornecimento de informações que pudessem ajudá-los. Além disso, podemos perceber que, na maior parte do tempo, os estudantes demonstraram estar em dúvida, aspecto evidenciado pela frequência com que eles formularam hipóteses e elaboraram questões. No caso do processo de co-construção ocorrido na atividade sobre a garrafa mágica (gráfico 5.14), os estudantes tiveram acesso a um experimento empírico, o que, provavelmente, os deixou mais confiantes em manifestar suas opiniões e com mais certezas, aspectos evidenciados pela presença constante de argumentos durante tal processo. Nesse contexto, a professora diversificou menos suas ações, que se restringiram a questionar os estudantes sobre como eles estavam entendendo as evidências experimentais observadas e sobre suas ideias naquele momento.

Um ponto comum entre os dois gráficos (5.13 e 5.14) é a presença dos mesmos grupos de habilidades: relacionadas à elaboração de modelos e à argumentação. Apesar de envolverem duas atividades distintas (uma teórica e uma que envolvia discussão de um experimento empírico), os dois momentos dizem respeito à obtenção de informações ou à organização de conhecimentos prévios necessários à elaboração de um modelo.

Os gráficos 5.15 e 5.16 mostram exemplos da *Situação 2*.

Paula Paganini Costa

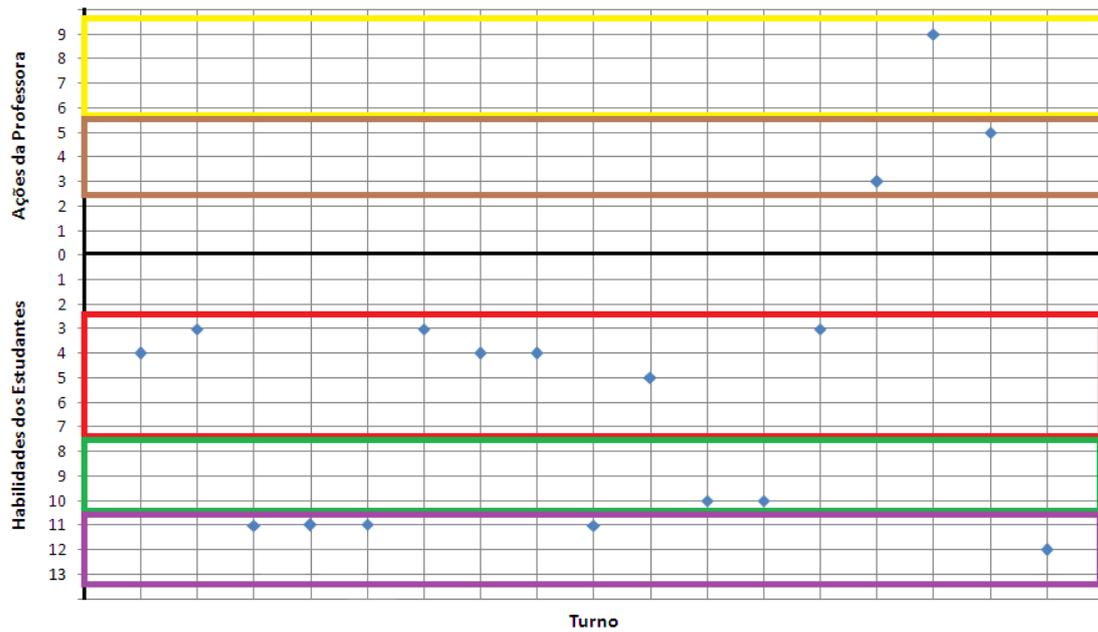


Gráfico 5.15. Representação gráfica do quadro 4.2 (discussão sobre o significado de modelo), com identificação dos grupos de ações e habilidades.

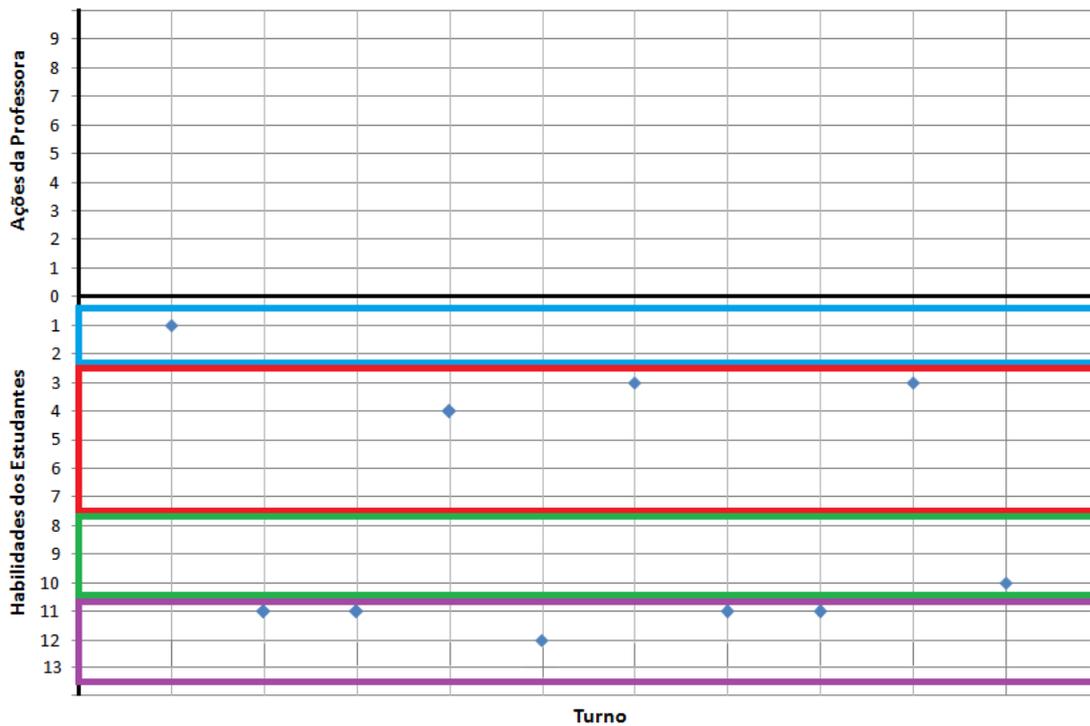


Gráfico 5.16. Representação gráfica do quadro 4.10 (discussão sobre o experimento da garrafa mágica), com identificação dos grupos de ações e habilidades.

Analisando esses dois gráficos (5.15 e 5.16), percebemos que quando o processo de co-construção ocorre apenas entre os estudantes, a discussão se baseia principalmente na elaboração de questões, hipóteses e argumentos.

Em alguns casos, alguns estudantes parecem assumir o papel da professora, como pode ser visto no trecho destacado do quadro 5.1.

Quadro 5.1. Exemplo de discussão em que um estudante parece assumir o papel da professora.

E3G4	Por que essa cola, cola? Aqui quer saber se é a cola normal ou a cola de madeira?
E2G4	<u>Está perguntando da cola que ela desenvolveu que cola papel e madeira ao mesmo tempo. É uma cola que serve pros dois.</u>
E1G4	Eu pensei que é porque essa cola, cola papel e madeira, a que cola papel não cola madeira. Juntaram as substâncias das duas colas, entendeu? A cola vai colar papel e madeira porque as substâncias que fazem a cola colar papel e que fazem colar madeira foram colocadas juntas em uma mesma cola.
E3G4	Isso que eu pensei, misturou tudo e virou uma cola só.
E2G4	A cola vai colar porque misturaram tudo e formaram uma nova substância.

Entretanto, o papel da professora só é assumido no sentido de um estudante explicar para o outro o que deve ser feito ou explicar sobre o que ele entendeu de determinado assunto. O nível dos questionamentos feitos pelos estudantes é simples, como pode ser visto no trecho destacado do quadro 5.2.

Quadro 5.2. Exemplo de questionamentos feitos por estudantes em seu grupo de discussão.

E4G4	Distância é igual à velocidade vezes tempo. É um modelo.
E4G4	<u>Porque a velocidade e o tempo é um modelo?</u>
E2G4	Isso não é modelo porque é um gráfico.
E1G4	Velocidade e tempo não são modelos. Eu acho que não é modelo porque vai calcular a distância.
E4G4	É modelo porque é modelo de um cálculo. É tipo uma fórmula.
(...)	
E2G4	<u>O que seria um modelo?</u>
E1G4	É algo que representa alguma coisa.
E4G4	Miniatura, alguma coisa assim.

Paula Paganini Costa

Os questionamentos dos estudantes são diferentes dos questionamentos da professora, que sempre têm o objetivo específico de auxiliá-los a realizar as atividades. Apesar disso, as interações estudantes-estudantes também se mostraram eficientes no sentido de auxiliar a mudança conceitual dos mesmos.

Quando ocorre o processo de co-construção estudante-estudante, a professora pode participar da discussão (como no diálogo representado pelo gráfico 5.15), mas o seu papel é restrito a iniciar a discussão, levantando uma ideia que ainda não havia sido pensada pelos estudantes, ou finalizar a discussão com a sua aprovação ou síntese das ideias discutidas anteriormente.

O gráfico 5.15 mostra a discussão dos estudantes sobre uma atividade exclusivamente teórica, enquanto que o gráfico 5.16 mostra uma discussão que envolvia um experimento empírico. Apesar disso, o padrão apresentado pelos dois gráficos é o mesmo, isto é, ocorre principalmente a elaboração de questões, hipóteses e argumentos. Parece-nos que isto ocorre pelo fato de os estudantes se sentirem mais a vontade discutindo em seu grupo do que com a professora devido, por exemplo, à insegurança de falar algo inconsistente com o que está sendo discutido. Assim, na discussão entre os pares, os argumentos são elaborados com mais facilidade, indicando a segurança dos estudantes sobre suas opiniões enquanto discutem em grupo, o que é importante para que ocorra mudança conceitual.

A *Situação 3* (representada, por exemplo, pelos gráficos 5.17, 5.18 e 5.19) apresenta algumas particularidades, destacadas nos comentários de cada um deles.

Paula Paganini Costa

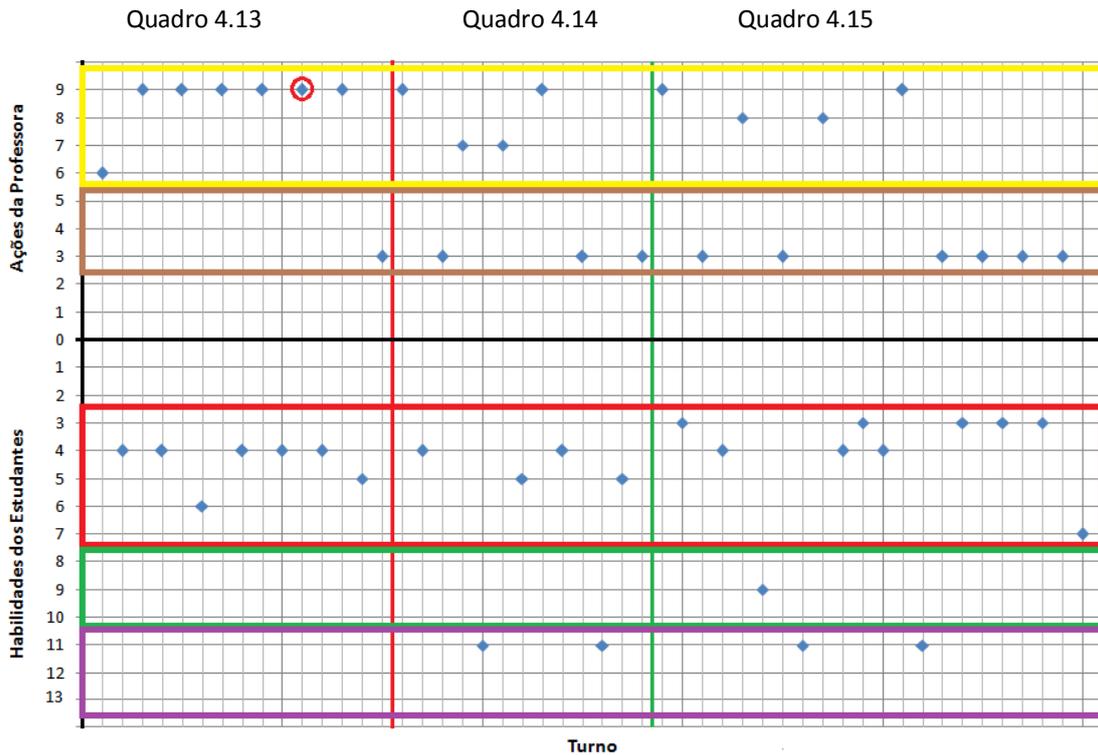


Gráfico 5.17. Representação gráfica dos quadros 4.13, 4.14 e 4.15 (discussões ocorridas durante a elaboração e expressão do modelo para o NaCl), com identificação dos grupos de ações e habilidades.

O gráfico 5.17 mostra como ocorre uma certa *progressão* no diálogo, em um mesmo grupo de estudantes, durante a elaboração de um modelo. Podemos perceber que, no início (parte correspondente ao quadro 4.13), as ações da professora e as habilidades manifestadas pelos estudantes são bastante homogêneas: a professora questiona e os estudantes elaboram hipóteses. Com o passar do tempo (outras partes do gráfico), a discussão se torna mais heterogênea e mais dinâmica. A professora começa a fornecer informações para os estudantes, que se tornam mais seguros em relações às suas opiniões e começam a formular, além de hipóteses, argumentos.

No gráfico 5.17, a maior parte das habilidades manifestadas pelos estudantes diz respeito à elaboração de modelos (H3 a H7), o que é coerente com a etapa do processo de modelagem que os estudantes estavam vivenciando: a elaboração do modelo para o NaCl. Com a evolução dos turnos de fala, percebemos o aparecimento de uma habilidade relacionada com a expressão do modelo, o que também é coerente visto que elaboração e expressão são etapas do processo que ocorrem praticamente simultaneamente.

Os gráficos 5.18 e 5.19 dizem respeito à etapa de testes e reformulações dos modelos.

Paula Paganini Costa

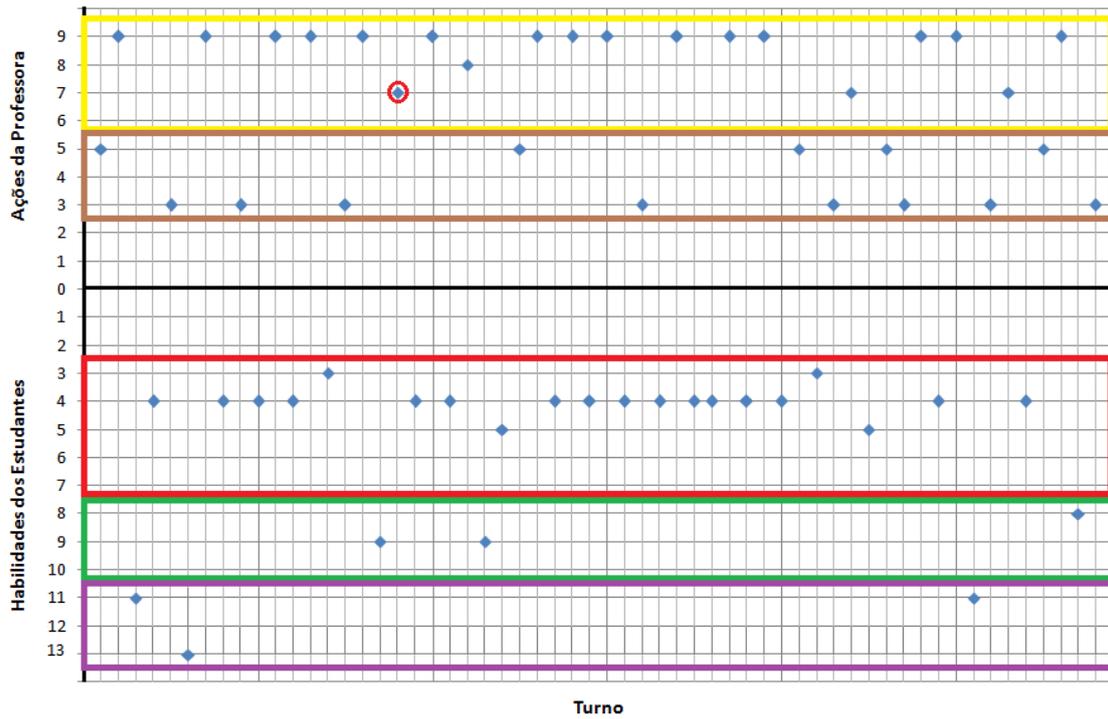


Gráfico 5.18. Representação gráfica do quadro 4.17 (discussões ocorridas durante o teste do modelo proposto pelos estudantes para o NaCl), com identificação dos grupos de ações e habilidades.

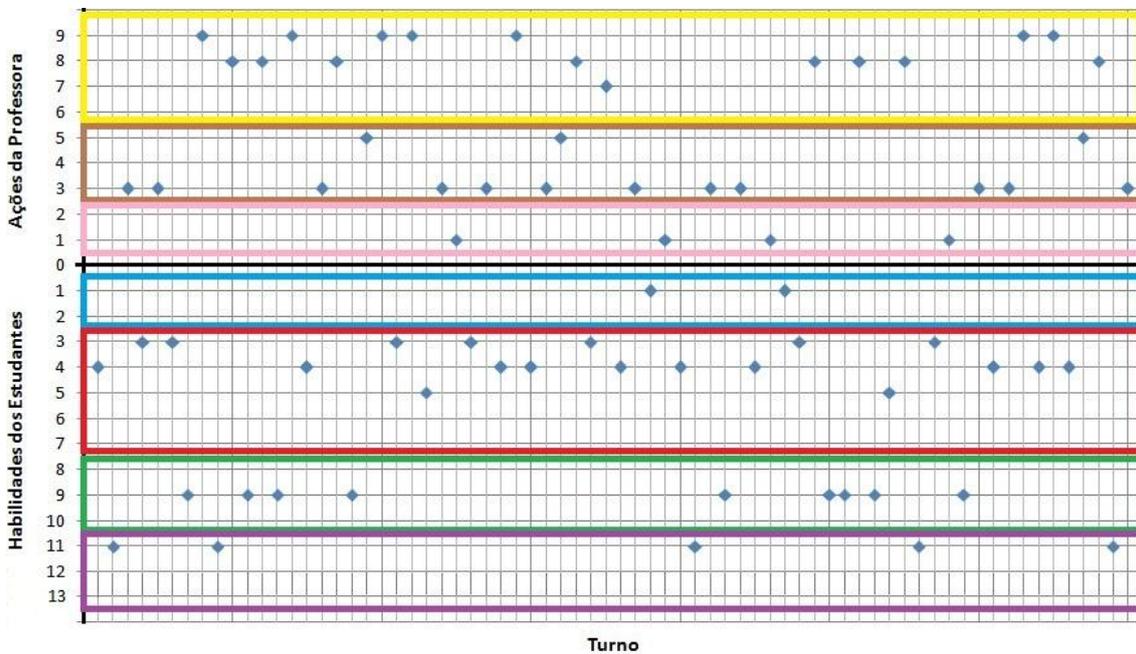


Gráfico 5.19. Representação gráfica do quadro 4.18 (discussões ocorridas durante o teste e a reformulação do modelo proposto pelos estudantes para o NaCl), com identificação dos grupos de ações e habilidades.

Quadro 5.3. Número de ações da professora que foram utilizadas nos diálogos presentes nos quadros (4.1 a 4.18) do capítulo 4. (Q = quadros e A = ações da professora)

Q \ A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
4.1	2	1	4	0	3	0	3	1	7
4.2	0	0	1	0	1	0	0	0	1
4.3	1	0	4	0	1	0	0	0	3
4.4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
4.5	0	0	1	0	0	0	1	1	5
4.6	0	0	2	0	1	2	2	0	0
4.7	0	0	5	0	2	0	8	0	1
4.8	0	0	1	0	0	2	0	0	3
4.9	0	0	3	1	0	0	1	0	4
4.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.11	0	0	4	0	0	1	0	0	4
4.12	1	0	5	0	0	0	3	0	5
4.13	0	0	1	0	0	1	0	0	6
4.14	0	0	3	0	0	0	2	0	2
4.15	0	0	6	0	0	0	0	2	2
4.16	2	0	10	0	3	0	2	0	9
4.17	0	0	8	0	5	0	3	1	15
4.18	4	0	12	0	3	0	2	8	6
Total	12	1	70	1	19	6	27	13	73

Podemos perceber que as ações A9 (questionar o estudante sobre suas hipóteses, ideias ou modelos atuais) e A3 (explicar um determinado problema ou fornecer alguma informação para favorecer o entendimento do estudante sobre o mesmo) foram as mais utilizadas pela professora. Esta observação é coerente com o contexto estudado, pois em atividades investigativas, como as que envolvem modelagem, é importante que a professora busque saber mais sobre o que os estudantes estão pensando no decorrer da atividade, para que direcione melhor suas ações. Além disso, é necessário que a professora forneça determinadas informações, para que o estudante prossiga na atividade e desenvolva o raciocínio.

As ações menos utilizadas pela professora foram A2 (favorecer a participação de outros estudantes nas discussões em grupo), A6 (questionar o estudante sobre o entendimento adequado de observações empíricas) e A4 (fornecer um contra exemplo ao estudante para favorecer o seu entendimento de um determinado problema ou de uma determinada situação). Esta observação também é coerente com o contexto estudado, pois os

estudantes, em sua maioria, estavam muito envolvidos nas atividades de modelagem e, assim, já participavam bastante das discussões, sem precisar que a professora interferisse. Além disso, como foi discutido anteriormente, os estudantes tinham mais facilidade na realização de atividades que envolviam experimentos empíricos. Então, não foram necessários muitos questionamentos sobre o entendimento das observações empíricas. A utilização de um contra exemplo pela professora foi um artifício utilizado apenas uma vez, quando os estudantes demonstraram não ter entendido adequadamente um aspecto discutido (Turno 23, quadro 4.9).

Como comentado no início deste capítulo, quando da construção dos gráficos, as ações da professora descritas no quadro 3.1 foram organizadas em grupos: ações voltadas para o favorecimento da participação dos estudantes nas discussões (A1 e A2), ações voltadas ao fornecimento de alguma informação para os estudantes (A3, A4 e A5) e ações voltadas a questionamentos (A6, A7, A8 e A9). Se analisarmos a tabela em termos desses grupos de ações, percebemos que o grupo relacionado aos questionamentos foi o mais frequente. Isto é coerente com o contexto analisado, pois nele é importante que a professora busque saber mais sobre as ideias dos estudantes no decorrer das atividades, para que seja possível direcionar melhor suas ações.

Em relação às etapas do diagrama *Modelo de Modelagem*, os trechos selecionados, presentes nos quadros 4.1 a 4.18 dizem respeito a três das quatro etapas do diagramas: *Elaboração* (quadros 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12), *Expressão* (quadros 4.13, 4.14, 4.15) e *Teste* (4.16, 4.17, 4.18). Não conseguimos exemplos do processo de co-construção relacionados à etapa de *Avaliação das abrangências e limitações*. O quadro (5.4) relaciona as etapas da modelagem com as ações da professora mais encontradas durante o processo de co-construção.

Quadro 5.4. Relacionamento das etapas do diagrama *Modelo de Modelagem* com as ações da professora que mais foram encontradas.

Etapas do diagrama <i>Modelo de Modelagem</i>	Ações da Professora
Elaboração	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explicar um determinado problema ou fornecer alguma informação para favorecer o entendimento do estudante sobre o mesmo. ▪ Questionar o estudante sobre os conhecimentos prévios necessários para a realização da atividade. ▪ Questionar o estudante sobre suas hipóteses, ideias ou modelos atuais.
Expressão	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explicar um determinado problema ou fornecer alguma informação para favorecer o entendimento do estudante sobre o mesmo. ▪ Questionar o estudante sobre os códigos de representação utilizados por ele em seus modelos. ▪ Questionar o estudante sobre suas hipóteses, ideias ou modelos atuais.
Teste	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explicar um determinado problema ou fornecer alguma informação para favorecer o entendimento do estudante sobre o mesmo. ▪ Sintetizar ideias expressas anteriormente. ▪ Questionar o estudante sobre os códigos de representação utilizados por ele em seus modelos. ▪ Questionar o estudante sobre suas hipóteses, ideias ou modelos atuais.

Analisando o quadro 5.4, percebemos que ele está coerente com tudo o que discutimos até agora. Ele está de acordo com a observação de que as ações A9 (questionar o estudante sobre suas hipóteses, ideias ou modelos atuais) e A3 (explicar um determinado problema ou fornecer alguma informação para favorecer o entendimento do estudante sobre o mesmo) foram as mais utilizadas pela professora, pois elas foram as ações mais utilizadas nas três etapas do diagrama *Modelo de Modelagem*.

Durante a etapa *Elaboração*, uma ação que foi muito utilizada pela professora foi a A7 (questionar o estudante sobre os conhecimentos prévios necessários para a realização da atividade). Essa observação é coerente uma vez que, na etapa de *Elaboração*, o estudante envolvido no processo deve ter, ou adquirir, alguma experiência com o alvo. Essa experiência pode ser conseguida através de observações do alvo, da aquisição de informações vindas de fontes externas (como um artigo ou livro), ou mesmo informações presentes em sua própria

estrutura cognitiva (Justi, 2006). Ao utilizar A7, a professora buscou informações presentes na estrutura cognitiva dos estudantes para que eles fossem capazes de realizar a atividade.

Durante a etapa de *Expressão*, A8 (questionar o estudante sobre os códigos de representação utilizados por ele em seus modelos) foi a ação da professora que mais se destacou. Isto é coerente com esta etapa do diagrama *Modelo de Modelagem*, pois a professora precisa entender os códigos de representação utilizados pelo estudante a fim de entender suas ideias e, assim, trabalhá-las, caso elas não se aproximem daquelas que são cientificamente aceitas. Nesse caso, ela pode solicitar que os estudantes reformulem o seu modelo inicial.

Em relação à etapa de *Testes*, duas ações se destacam: A5 (sintetizar ideias expressas anteriormente) e A8 (questionar o estudante sobre os códigos de representação utilizados por ele em seus modelos). Nesse momento da atividade, muitos tópicos estão sendo discutidos e, muitas vezes, a professora precisa sintetizar as ideias discutidas, para que fiquem mais claras para os estudantes do grupo (ou para a turma, no caso de discussões gerais). Como destacado anteriormente, é importante para a professora saber o significado dos códigos de representação para identificar se os estudantes possuem ideias próximas das cientificamente aceitas ou se eles precisam reformular seu modelos.

Para nos auxiliar a identificar as principais habilidades manifestadas pelos estudantes, construímos o quadro 5.5, que mostra quantas vezes cada habilidade apareceu nos diálogos selecionados e exibidos no capítulo 4 desta dissertação.

Quadro 5.5. Número de habilidades que os estudantes manifestaram nos diálogos presentes nos quadros (4.1 a 4.18) do capítulo 4. (Q = quadro e H = habilidade)

Q \ H	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13
4.1	0	0	4	8	7	0	0	0	0	0	3	1	0
4.2	0	0	3	3	1	0	0	0	0	2	3	1	0
4.3	0	1	7	2	5	0	0	0	0	0	1	1	0
4.4	1	0	5	2	3	0	0	0	0	1	2	0	0
4.5	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	3	0	0
4.6	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	2	1	0
4.7	0	1	4	9	8	0	0	0	0	0	1	0	0
4.8	0	0	0	4	0	1	2	0	0	0	3	1	0
4.9	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	1	0	0
4.10	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	4	1	0
4.11	0	0	2	4	1	1	0	0	0	0	3	0	0
4.12	0	0	1	7	1	1	0	0	0	0	2	0	0
4.13	0	0	0	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4.14	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0
4.15	0	0	5	3	0	0	1	0	1	0	2	0	0
4.16	0	0	2	16	2	0	0	0	0	0	4	0	0
4.17	0	0	2	16	2	0	0	1	2	0	2	0	1
4.18	2	0	7	10	2	0	0	0	9	0	5	0	0
Total	4	3	44	105	35	5	3	1	13	4	43	6	1

Analisando o quadro 5.5, percebemos que a habilidade mais manifestada pelos estudantes foi a H4 (levantar hipóteses). Essa observação é coerente com a aplicação de atividades investigativas, como a modelagem, pois à medida que a professora questiona os estudantes, eles tendem a responder os questionamentos através da elaboração de hipóteses. Acreditamos que isto aconteceu porque, na maior parte do tempo, os estudantes não têm certeza das respostas, uma vez que estão construindo o conhecimento durante a realização da atividade.

Podemos destacar também duas outras habilidades muito manifestadas: H3 (formular questões) e H11 (formular argumento). A alta frequência de H3 pode se justificada considerando que aqueles estudantes nunca haviam participado de atividades de modelagem antes. Assim, eles apresentaram dúvidas relativas a este tipo de atividade, principalmente nas atividades iniciais. Em relação à alta frequência de H11, observamos que a elaboração da maior parte dos argumentos aconteceu durante a realização de atividades que envolviam experimentos empíricos (por exemplo, os diálogos apresentados nos quadros 4.8 e 4.11) e experimentos mentais (por exemplo, os diálogos apresentados nos quadros 4.16 e 4.18). Nesses casos, constatamos que os estudantes ficavam mais confiantes em expor suas opiniões, o que, acreditamos, se traduziu em uma maior produção de argumentos. Além disso, o fato de a frequência H11 ter sido mais observada principalmente nas atividades finais que quanto mais

atividades de modelagem os estudantes realizavam, mais familiarizados eles ficavam com as atividades e, assim, mais confiantes em expressar suas opiniões em forma de argumentos.

As habilidades que foram menos manifestadas pelos estudantes foram H13 (refutar), e H7 (elaborar analogias). Esses resultados são coerentes com o contexto analisado, pois é pouco comum que estudantes habituados somente a situações de ensino tradicionais expressem suas ideias e, principalmente, refutem a ideia de outro estudante. Para eles, o objetivo do trabalho em grupo é encontrar a resposta “certa” para determinado problema. Assim, eles tendem a conferir com a professora se uma determinada resposta está “certa”, ao invés de discutir entre eles. Além disso, consideramos que refutar é uma habilidade de alta complexidade, visto que um estudante precisa de alguma evidência para invalidar a teoria causal de outro estudante.

Em relação à H7, ficamos surpresos com a utilização de uma analogia pelos estudantes sem que eles fossem solicitados a fazer isso. Nossa experiência em turmas de ensino médio tradicionais mostra que não é comum que os estudantes utilizem analogias espontaneamente, a não ser que a relação analógica tenha sido obtida a partir de um entendimento consistente do alvo. Assim, a elaboração de uma analogia e sua utilização como justificativa de um argumento (quadro 4.8) parece evidenciar que, naquele momento, os estudantes entendiam o que estavam falando.

Como comentado anteriormente, as habilidades manifestadas pelos estudantes foram divididas em quatro grupos: habilidades relacionadas a dúvidas gerais sobre a atividade (H1 e H2), habilidades relacionadas à elaboração de modelos (H3 a H7), habilidades relacionadas à expressão de modelos (H8 a H10) e habilidades relacionadas à argumentação (H11 a H13). Se analisarmos a tabela em termos dos grupos, percebemos que o grupo das habilidades relacionadas à elaboração de modelos foi o mais frequente. Isto é coerente com os momentos em que ocorreu a co-construção. Como discutido no item anterior, foram analisados mais diálogos relacionados às atividades específicas de modelagem (quadros 4.3, 4.5, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 e 4.18), pois estes apresentavam momentos em que o processo de co-construção ficou claramente evidenciado.

O quadro 5.6 relaciona as etapas da modelagem com as habilidades manifestadas pelos estudantes que foram mais encontradas durante o processo de co-construção.

Quadro 5.6. Relacionamento das etapas do diagrama *Modelo de Modelagem* com as principais habilidades manifestadas pelos estudantes.

Etapas do diagrama <i>Modelo de Modelagem</i>	Habilidades manifestadas pelos estudantes
Elaboração	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levantar hipóteses. ▪ Utilizar conhecimentos prévios. ▪ Formular argumentos.
Expressão	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formular questões. ▪ Levantar hipóteses. ▪ Formular argumentos.
Teste	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levantar hipóteses. ▪ Elaborar, utilizar e/ou explicar códigos de representação em seus modelos. ▪ Formular argumentos

Analisando o quadro 5.4, percebemos que ele está coerente com a observação discutida anteriormente de que a habilidade mais manifestada pelos estudantes foi a H4 (levantar hipóteses). Isto aconteceu nos momentos em que os estudantes vivenciaram as três etapas do diagrama *Modelo de Modelagem*. Além dessa habilidade, os estudantes formularam muitos argumentos durante as três etapas, o que também é coerente com a análise feita anteriormente.

Durante a etapa de *Elaboração*, podemos destacar a habilidade H5 (utilizar conhecimentos prévios), o que é coerente com uma das ações da professora que foi identificada nesta etapa (A7: questionar o estudante sobre os conhecimentos prévios necessários para a realização da atividade).

Em relação a etapa de *Expressão*, uma habilidade que foi muito manifestada foi a H3 (formular questões). Isto é coerente com o contexto vivenciado por aqueles estudantes, pois aquela era a primeira vez que eles estavam produzindo um modelo. Portanto, muitas dúvidas foram expressas pelos estudantes em forma de questões.

Em relação a etapa de *Testes*, a habilidade que se mais se destacou foi a H9 (elaborar, utilizar e/ou explicar códigos de representação em seus modelos). Essa habilidade é coerente com a etapa da modelagem que estava sendo realizada, uma vez que os estudantes precisavam explicar os significados de suas representações para a professora e para os colegas, pois caso o modelo não fosse coerente, ele teria que ser reformulado.

CAPÍTULO 6. DISCUSSÃO FINAL

Neste capítulo discutimos os resultados apresentados de forma a responder as quatro questões de pesquisa propostas no capítulo 2.

Primeira Questão de Pesquisa

O processo de co-construção implica na ocorrência de interações entre os estudantes ou deles com a professora. Nesta Dissertação, esse processo foi caracterizado a partir da identificação das ações da professora que favoreceram a ocorrência do mesmo e das habilidades manifestadas pelos estudantes em cada momento.

Visando discutir a primeira questão de pesquisa (Quais são os principais elementos da atuação do professor no sentido de favorecer o processo de co-construção em um contexto de ensino fundamentado em modelagem?), categorizamos as ações da professora caracterizando cada uma de suas falas em termos dos resultados obtidos com a mesma. A partir dessa caracterização inicial, propusemos as categorias apresentadas no quadro 3.1. As ações foram identificadas através da observação dos trechos selecionados neste trabalho. Como comentado anteriormente, não acreditamos que as ações apresentadas no quadro 3.1 sejam as únicas ações do professor possíveis de ser identificadas, mas foram as ações que observamos.

Durante a análise, as ações da professora descritas no quadro 3.1 foram organizadas em grupos: ações voltadas para o favorecimento da participação dos estudantes nas discussões (A1 e A2), ações voltadas ao fornecimento de alguma informação para os estudantes (A3, A4 e A5) e ações voltadas a questionamentos (A6, A7, A8 e A9). O quadro 5.1 evidenciou que as ações voltadas aos questionamentos (A6, A7, A8 e A9) foram as mais utilizadas pela professora.

Ao analisar nossos resultados, foi possível identificar alguns aspectos relacionados, de alguma forma, aos trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa do professor John Clement. Como discutido no capítulo 2, ele descreve *questões* e *modos* que podem auxiliar o professor durante o processo de co-construção em atividades de modelagem. Para ele, as questões que o professor pode utilizar são de dois tipos: questões suporte (utilizadas para ativar o conhecimento já existente do estudante, de forma a relacionar esse conhecimento a experiências e dados disponibilizados na modelagem, contribuindo para a geração e modificação de modelos) e questões discrepantes (aquelas capazes de produzir uma

divergência em relação ao modelo alvo e de fazer com que os estudantes corrijam ou façam adições em seu modelo inicial, formando um modelo intermediário) (Clement, 2008). Esse processo continua com a formação de mais modelos intermediários, até que o modelo alvo seja alcançado.

Após a realização de nosso estudo, concluímos que a classificação das questões em suporte e discrepante é algo muito geral. Em nossa análise, conseguimos identificar questões mais específicas: questionar o estudante sobre o entendimento adequado de observações empíricas, questionar o estudante sobre os conhecimentos prévios necessários para a realização da atividade, questionar o estudante sobre os códigos de representação utilizados por ele em seus modelos e questionar o estudante sobre suas hipóteses, ideias ou modelos atuais. Todos esses tipos de questões foram utilizadas pela professora nas situações de co-construção. A nosso ver, isto indica que o uso de questões discrepantes não é essencial para que haja mudança conceitual. Um exemplo típico está representado no gráfico 5.19, que mostra uma discussão rica de ações da professora e habilidades manifestadas pelos estudantes, em que a mudança conceitual é alcançada em que nenhuma questão discrepante tenha sido utilizada.

Além disso, consideramos que todos os tipos de questões da professora que foram identificadas se enquadram dentro de uma categoria maior, chamada por Clement de questões suporte. Isto porque elas podem contribuir para ajudar os estudantes a relacionar seus conhecimentos prévios com as experiências vivenciadas nas atividades de modelagem e podem contribuir para fundamentar a elaboração e a modificação de modelos.

Em relação aos modos, como comentado no capítulo 2, Clement propôs a existência de vários: *Modo de Competição*, quando o professor incentiva os estudantes a contribuir para a discussão de modelos e/ou ideias apresentados anteriormente e que sejam contraditórios uns aos outros; *Modo de Negação*, que pode acontecer durante o *Modo de Competição*, quando um dos modelos iniciais é criticado e abandonado durante a discussão; *Modo de Acréscimo*, que acontece quando o professor pergunta algo ao estudante e ele responde com um elemento que é compatível com o desenvolvimento do modelo inicial; *Modo de Modificação*, que é similar ao *Modo de Negação*, exceto que ao invés de descartar um modelo, os estudantes o modificam de modo a repará-lo ou estendê-lo; e *Modo de Confirmação*, quando o professor e os estudantes fornecem evidências que dão suporte a uma hipótese inicial.

A nosso ver, os modos descritos por Clement ocorrem a partir das ações que o professor pode desempenhar durante as atividades de modelagem (como as que nós descrevemos no quadro 3.1). Entretanto, o processo de co-construção não é tão linear como mostram os exemplos utilizados nos trabalhos do grupo do professor Clement. Nossa afirmativa é evidenciada, por exemplo, pela análise do gráfico 5.19, que indica a ocorrência de um processo heterogêneo e bastante complexo. Esse e outros exemplos evidenciam também que não existe um padrão fixo de ações que podem ser utilizadas objetivando um resultado fixo. As ações são variáveis e devem ser adaptadas para cada turma, pois cada uma é constituída de diferentes estudantes e existe em contextos específicos. Além disso, percebemos que a professora variava mais suas ações de acordo com as dúvidas dos estudantes, ou seja, quanto mais inseguros os estudantes estavam em relação a um determinado assunto, mais a professora variava suas ações de forma a tentar ajudá-los.

Segunda Questão de Pesquisa

Nesta Dissertação, outro elemento importante para caracterizar o processo de co-construção foi a identificação das habilidades manifestadas pelos estudantes em cada momento (apresentadas no quadro 3.2). Por isso foi proposta nossa segunda questão de pesquisa (Quais são as habilidades manifestadas pelos estudantes durante o processo de co-construção?).

Essas habilidades foram divididas em quatro grupos: habilidades relacionadas a dúvidas gerais sobre a atividade (H1 e H2), habilidades relacionadas à elaboração de modelos (H3 a H7), habilidades relacionadas à expressão de modelos (H8 a H10) e habilidades relacionadas à argumentação (H11 a H13). Em termos dos grupos, percebemos que as habilidades relacionadas à elaboração de modelos foram as mais manifestadas pelos estudantes. Observamos isso, pois selecionamos e analisamos mais diálogos relacionados às atividades específicas de modelagem (quadros 4.3, 4.5, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 e 4.18), momentos em que o processo de co-construção foi facilmente identificado.

Analisando de forma individual cada uma das habilidades listadas no quadro 3.2, H4 (formulação de hipóteses) foi a que mais foi observada em todos os momentos analisados nesta Dissertação. A nosso ver, isto indica que eles tinham pouca certeza sobre suas opiniões ao responder as questões da professora ou discutir ideias com seus colegas. Acreditamos que algo importante que contribuiu para a insegurança dos estudantes em expressar suas opiniões foi o fato de eles nunca terem participado de atividades de modelagem antes. Isso aponta para

a necessidade da utilização de mais atividades investigativas nas escolas, como a modelagem, para que os estudantes sejam capazes de propor explicações pertinentes para os fenômenos observados e formular questões mais elaboradas sobre os aspectos essenciais de cada um dos temas e sobre suas aplicações em situações cotidianas (Justi, 2006).

Algo que foi surpreendente para nós foi que, apesar de ser um tipo de atividade que os estudantes nunca haviam realizado, eles produziram muitos argumentos. Nossa análise evidenciou que isto ocorreu nos momentos em que os estudantes estavam confiantes sobre suas opiniões. Nossa análise mostrou, também, que a os argumentos foram elaborados com mais frequência durante a realização de atividades que envolviam experimentos empíricos e experimentos mentais. Nesses momentos, como eles podiam ver o fenômeno ou tinham necessariamente que imaginá-lo, eles ficaram mais confiantes em expressar e justificar suas opiniões através de argumentos.

Constatamos também que, com o passar do tempo, isto é, quanto mais atividades de modelagem os estudantes realizavam, mais argumentos eles produziam. Essa observação foi coerente com as observações presentes no trabalho de Mendonça (2011), que analisou esses mesmos estudantes durante a realização de duas unidades didáticas fundamentadas em modelagem (a primeira sobre Ligação Iônica e a outra sobre Interações Intermoleculares). Nesta dissertação analisamos apenas os momentos de co-construção durante a realização das atividades sobre Ligação Iônica, pois obtivemos resultados significativos apenas com essa análise. Entretanto, Mendonça (2011) observou que no final da unidade didática sobre Interações Intermoleculares, os estudantes argumentavam muito mais do que no início das atividades sobre Ligação Iônica. Isso reforça a ideia de que quanto mais familiarizados com as atividades, mais confiantes os estudantes ficam em expressar e justificar suas opiniões através de argumentos.

Terceira Questão de Pesquisa

Nossa terceira questão de pesquisa (É possível que os próprios estudantes fomentem o processo de co-construção dos colegas? Como?) foi elaborada ao constatarmos que, em seus trabalhos, Clement destaca a importância do professor no processo de aprendizagem, mas em nenhum momento comenta sobre o papel que os próprios estudantes desempenham no aprendizado de seus colegas.

Em nosso estudo, foi possível observar os estudantes discutindo ideias sobre um determinado fenômeno, criando explicações para suas observações, discutindo a

plausibilidade de suas ideias e fazendo deduções promissoras em momentos de discussão sem a participação da professora.

Observamos também que, em alguns casos, a interação apenas entre os estudantes gerou mudança conceitual (como evidenciado no quadros 4.2, 4.4 e 4.10). O papel da professora, nesses casos, foi apenas o de esclarecer as dúvidas iniciais dos estudantes sobre o entendimento da atividade, ou sintetizar as ideias discutidas pelos estudantes. Mas, em todos eles, os estudantes chegaram sozinhos a uma conclusão. Constatamos também que quando o processo de co-construção ocorre apenas entre os estudantes, a discussão se baseia principalmente na elaboração de questões, hipóteses e argumentos.

Em alguns desses momentos, observamos que alguns estudantes assumiram o papel da professora no sentido de explicar para um colega o que deveria ser feito em uma determinada atividade ou explicar o que ele entendeu sobre determinado assunto. Tais interações estudante-estudante se mostraram eficientes no sentido de auxiliar a mudança conceitual dos mesmos. Portanto, acreditamos que as atividades realizadas em grupo de estudantes são muito importantes, no sentido que eles se ajudam quando vivenciam situações em que têm que construir o conhecimento científico (ao invés de recebê-lo pronto do professor).

Quarta Questão de Pesquisa

Finalmente, para respondermos nossa última questão de pesquisa (Como ocorre co-construção em situações de ensino fundamentadas em modelagem de acordo com o Diagrama Modelo de Modelagem?), buscamos estabelecer relações entre os diferentes tipos de momentos de co-construção e as etapas do processo de modelagem.

Neste trabalho, atribuímos ao termo co-construção o significado de um processo no qual há interações entre professor e estudante(s), ou entre os próprios estudantes, que resulta em construção de conhecimento. Nossa visão prévia do processo de ensino analisado indicava que ações específicas da professora haviam favorecido a manifestação de habilidades pelos estudantes. Por isso, foi necessária uma análise mais aprofundada do processo de co-construção, no sentido de identificar as ações mais relevantes utilizadas pela professora que fizeram com que os estudantes manifestassem diversas habilidades e construíssem conhecimento.

Para tanto, as ações mais relevantes utilizadas pela professora foram identificadas e categorizadas no quadro 3.1. Em seguida, identificamos quais foram as principais ações

Paula Paganini Costa

relacionadas às etapas do diagrama *Modelo de Modelagem* (quadro 5.2). Nossa análise evidenciou que a professora foi capaz de engajar os estudantes na discussão sobre os dados e a de favorecer a utilização de seus conhecimentos prévios, ambos de modo que eles fossem capazes de estabelecer relações entre o conhecimento prévio e os dados disponíveis. Além disso, a professora questionou os estudantes sobre os códigos de representação e suas ideias representadas nos modelos, ideias que, muitas vezes, não eram só expressas, mas justificadas em forma de argumentos. Assim, a professora favoreceu a ocorrência de momentos em que os estudantes analisaram seus modelos e estabeleceram relações entre o modelo proposto e um novo contexto.

Em relação às habilidades manifestadas pelos estudantes, elas também foram identificadas e categorizadas no quadro 3.2. Nós identificamos, também, quais foram as principais habilidades manifestadas pelos estudantes nas etapas do diagrama *Modelo de Modelagem* (quadro 5.4). Ao fazer isto, constatamos que os estudantes conseguiram acionar os conhecimentos prévios necessários para a realização das atividades, formularam hipóteses de forma a responder os questionamentos da professora e dos colegas, justificaram suas ideias através da produção de argumentos e conseguiram explicar os códigos de representação e as ideias representadas em seus modelos.

Considerando a síntese de nossos resultados apresentada até então, concluímos que cada ação efetuada pela professora gerou a manifestação de habilidades dos estudantes. Isso mostra que atividades investigativas, como as atividades baseadas em modelagem, podem favorecer o processo de co-construção. Por isso, defendemos a utilização dessas atividades em contextos variados de ensino de forma a contribuir para uma aprendizagem mais ampla e autêntica de Ciências. A nosso ver, isto pode favorecer a formação dos estudantes como cidadãos mais engajados e participativos, sem dúvida um objetivo essencial a ser buscado no ensino de ciências.

Paula Paganini Costa

- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Justi, R., Gilbert, J. K., & Ferreira, P. F. M. (2009). The application of a model of modelling to illustrate the importance of metavisualization in respect of the three levels of representation. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (pp. 285-307). Dordrecht: Springer.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: developing representational competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-146). Dordrecht: Springer.
- Kuhn, D. (1991). *The Skills of Argument*. New York: Cambridge University.
- Luria, A. R. (1976). *Basic problems of Neurolinguistics*. The Hague: Mouton.
- Maia, P. F. (2009). Habilidades investigativas no ensino fundamentado em modelagem. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Contribuições de atividades de modelagem para o desenvolvimento de habilidades de investigação. Trabalho apresentado no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.
- Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Desenvolvimento de Habilidades em Atividades de Modelagem. *Ensenanza de Las Ciencias*, 27(extra), 776-779.
- Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: an aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83(1), 33-54.
- McGregor, D. (2007). *Developing Thinking; Developing Learning - A Guide to Thinking Skills in Education*. Maidenhead: Open University Press.
- Mendonça, P. C. C. (2008). 'Ligando' as idéias dos estudantes à ciência escolar: Análise do ensino de ligação iônica por modelagem. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Mendonça, P. C. C. (2011). Influência das Atividades de Modelagem na Qualidade dos Argumentos de Estudantes de Química do Ensino Médio. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2009a). Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: Análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem - Parte I. *Educación Química*, 20(E), 282-293.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2009b). Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: Análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem - Parte II. *Educación Química*, 20(3), 373-382.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College, London School of Education.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: Para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39.

- Nersessian, N. J. (2008). Mental modeling in conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 391-416). New York: Routledge.
- Neves, J. L. (1996). Pesquisa Qualitativa - Características, Usos e possibilidades. *Cadernos de Pesquisas em Administração*, 1(3), 1-5.
- Nuñez-Oviedo, M. C., & Clement, J. (2008). A competition strategy and other modes for developing mental models in large group discussion. In J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model Based Learning and Instructional in Science* (pp. 173-193). Dordrecht: Springer.
- Osborne, J. F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80(1), 53-82.
- Piaget, J. (1986). *Seis Estudos da Psicologia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Nuñez-Oviedo, M. C. (2008). An Instructional Model Derived from Model Construction and Criticism Theory. In J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science* (pp. 23-43). Dordrecht: Springer.
- Rea-Ramirez, M. A., & Nuñez-Oviedo, M. C. (2008). Role of discrepant questioning leading to model element modification. In J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model Based Learning and Instructional in Science* (pp. 195-213). Dordrecht: Springer.
- Reiner, M., & Gilbert, J. K. (2004). The symbiotic roles of empirical experimentation and thought experimentation in the learning of physics. *International Journal of Science Education*, 26(15), 1819-1834.
- Sanchis, I. P., & Mahfoud, M. (2010). Construtivismo: desdobramentos teóricos e no campo da educação. *Revista Eletrônica de Educação*, 4(1), 18-33.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowlegde: developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Simon, S. (2008). Using Toulmin's argument pattern in the evaluation of argumentation in school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 31(3), 277-289.
- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. New York: Cambridge University Press.
- Vieira, R. D., & Nascimento, S. S. (2008). Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(2), 1-20.
- Vosniadou, S. (2002). Mental Models in Conceptual Development. In L. Magnani, N. J. Nersessian & P. Thagard (Eds.), *Model-based Reasoning in Scientific Discovery* (pp. 353-368). New York: Kluwer and Plenum Publishers.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 3-34). New York: Routledge.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind and Society: The Development of Higher Mental Processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Zohar, A. (2004). *Higher Order Thinking in Science Classrooms: Student's Learning and Teacher's Professional Development*. Dordrecht: Kluwer.

APÊNDICE. ATIVIDADES DE MODELAGEM PARA O ENSINO DE LIGAÇÕES IÔNICAS

Atividade 1

- 1) Todos nós temos uma ideia geral sobre o que seja um modelo. Utilizando essa ideia geral, analise os sistemas que lhe serão apresentados e classifique-os como modelos, ou não.

Sistema	Modelo		Por quê?
	Sim	Não	
Carrinho de brinquedo			
Fórmula química da água: H ₂ O			
Representação da água em bola e varetas no quadro-negro (2D)			
Representação concreta (bola e varetas) da molécula de água (3D)			
Dissolução do permanganato de potássio em água (fenômeno)			
Representação do fenômeno enfocando aspectos microscópicos (interações entre os íons e as moléculas de água)			
Gráfico de velocidade em função do tempo			
Fórmula: $v = d/t$			
Mapa de uma cidade			

Observação: Na atividade dos estudantes, não existia o nome dos sistemas; eles foram apresentados a cada um deles separadamente.

- 2) Analise a tirinha da Mafalda apresentada a seguir:



- a) O que seria um *modelo* para a Mafalda?
- b) E para você o que seria um *modelo*?

Atividade 2

Considere a seguinte situação:

Foi desenvolvida uma nova cola para papel e madeira, mais poderosa que as colas normais e com secagem instantânea. Contudo, não se sabe qual o mecanismo de funcionamento desta cola, pois nem seus criadores propuseram um mecanismo para seu funcionamento. Portanto, precisamos responder a seguinte questão: “Por que esta cola cola?”.

- 1) Como a cola é um novo material, esta resposta não está disponível na literatura. Assim, seu papel é solucionar esta questão. Por isso, solicitamos que você **desenvolva um modelo (em nível microscópico) que explique como esta cola funciona**. Registre seu modelo no espaço abaixo (através de desenhos e/ou verbalmente).
- 2) Elaborar um modelo pode não ser uma tarefa simples. E, como em muitas situações, às vezes o processo de elaboração é muito mais importante e/ou rico do que o resultado final. Por isso, independente de qual foi o seu modelo, solicitamos que você descreva minuciosamente os seus passos para propor uma solução para tal problema. Para isso, utilizando o quadro abaixo, **descreva** o que você faria (etapa por etapa) e **apresente uma justificativa** para cada uma dessas etapas. A seguir, **numere** a primeira coluna, indicando a ordem em que agiria. Coloque quantas etapas quiser. Se necessário, acrescente linhas ao quadro.

Ordem	Etapa	Justificativa

Atividade 3

Se você observar à sua volta perceberá que a todo instante, substâncias se transformam em outras. Mas, que fatores serão responsáveis por este rearranjo? O que determinar a formação de uma substância e não de outra? Nesta atividade você terá a oportunidade de pensar um pouco mais profundamente nas condições que determinam a formação das substâncias.

PARTE A

Procedimento:

- Prenda um pedaço de fita de magnésio no clips.
- Prenda o clips na pinça de madeira na região oposta à que se encontra o magnésio.
- Acenda a vela e leve este sistema à chama.
- Quando ocorrer alguma modificação no sistema retire-o da chama.
- Anote suas observações no quadro1.
- O sólido branco presente agora no clips é o óxido de magnésio. Coloque o sistema na chama por mais um minuto e observe o que acontece com esta substância.
- Anote suas observações no quadro1.

Quadro1: Observações relativas à queima do magnésio.

Sistema	Observações	
	Durante o aquecimento	Após o aquecimento
Magnésio		
Óxido de magnésio		

Questões:

- 1) O que indica o aparecimento de luz quando o magnésio é aquecido?
- 2) Como você explica a formação do óxido de magnésio?
- 3) Por que o fogo é necessário na transformação de magnésio em óxido de magnésio?
- 4) A transformação de magnésio em óxido de magnésio ocorre também em flashes descartáveis de máquinas fotográficas. Como você explicar a ocorrência dessa transformação na ausência de fogo?
- 5) Revendo as observações anotadas na tabela 1, como você pode comparar a estabilidade dos dois sistemas (magnésio e óxido de magnésio)?

PARTE B

Quando estudamos a Tabela Periódica você ficou sabendo que a grande maioria dos elementos é encontrada na natureza. Entretanto, a abundância em que cada um deles existe e as formas em que eles são encontrados varia imensamente de um elemento para outro. O oxigênio, por exemplo, existe não só nas substâncias simples gás oxigênio (O_2) e gás ozônio (O_3), como também em um número imenso de diferentes substâncias das quais a água, é sem dúvida, a mais importante e abundante.

Vamos pensar, agora, em outros elementos.

Questões:

- 1) Em que forma (mistura, substância simples, substância composta) são encontrados na natureza:
 - a) o ouro.
 - b) o ferro.
- 2) a) Você acha que na Lua, ou em outro planeta, esses materiais seriam encontrados na mesma forma que aqui na Terra?
 - b) Que fatores influenciam a forma como um material é encontrado?

PARTE C

Material: garrafa mágica¹⁰

Procedimento:

- Segure a garrafa com uma das mãos, firmando a rolha ou tampa.
- Agite-a vigorosamente por aproximadamente 20 segundos e observe o que acontece. Anote suas observações no quadro2.
- Deixe a garrafa em repouso e observe o que acontece. Anote suas observações na Tabela 2.

Quadro2: Observações relativas ao experimento da garrafa mágica.

Momento da observação	Observações
Inicial – Em repouso	
Durante a agitação	
Final – Em repouso	

Questões:

- 1) Você acha que neste sistema há mais de uma substância? Por quê?
- 2) Você acha que neste sistema ocorre uma reação química? Por quê?
- 3) Como você pode relacionar o fenômeno ocorrido na garrafa mágica com o fenômeno ocorrido na Parte A desta experiência? Quais são as semelhanças entre eles? Quais são as diferenças?

¹⁰ Em um balão de fundo chato de 500 mL, colocar aproximadamente 250 mL da solução obtida dissolvendo-se, em um litro de água, 20g de hidróxido de sódio, 20g de dextrose (glicose) e 2mL de solução 1% de azul de metileno. O balão deve ser bem tampado de forma que possa ser agitado intensamente. Para que as mudanças de cor ocorram rapidamente, é imprescindível que esta solução tenha sido recentemente preparada.

Atividade 4

A substância cloreto de sódio, o sal de cozinha, que utilizamos diariamente, é constituída por átomos de sódio (Na) e cloro (Cl). A questão que buscaremos explicar é como o cloreto de sódio é formado a partir das substâncias simples (Na(s) e Cl₂(g)) constituídas por esses átomos. Para isso, nessa atividade, vocês terão de explicar como os íons provenientes dessas substâncias são formados.

Conceitos importantes:

- Energia de ionização (E.I.) é a energia necessária para retirar os elétrons de um átomo no estado gasoso. Como mais de um elétron pode ser removido de um mesmo átomo tem-se a primeira, segunda, terceira etc. energia de ionização conforme o elétron removido seja o mais externo, o segundo mais externo e assim por diante, respectivamente.
- Afinidade eletrônica (A.E.) é a energia liberada por um átomo no estado gasoso quando a ele é adicionado um elétron. Nesse caso, ocorre a formação de um íon em fase gasosa.
- Para se obter Na(g) a partir de Na(s) é necessário fornecer 108kJ de energia a cada mol de Na(s) (calor de sublimação).
- Para se obter Cl(g) a partir de Cl₂(g) é necessário fornecer 242kJ de energia a cada mol de Cl₂(g) (calor de atomização).
- Na tabela 1 são fornecidos os valores para a 1ª E.I. e A.E. dos 20 primeiros elementos químicos da tabela periódica.

Quadro1. 1ª E.I. e A.E. dos 20 primeiros elementos da tabela periódica.

Número atômico (Z)	Símbolo do elemento	1ª energia de ionização (kJ/mol) $X(g) \rightarrow X^+(g) + e^-$	Afinidade eletrônica (kJ/mol) $X(g) + e^- \rightarrow X^-(g)$
1	H	1311	72
2	He	2372	-54
3	Li	520,0	57
4	Be	899,1	-66
5	B	800,5	15
6	C	1086	121
7	N	1403	-31
8	O	1410	142
9	F	1681	333
10	Ne	2080	-99
11	Na	495,8	21
12	Mg	735,5	-67
13	Al	577,5	26
14	Si	786,3	135
15	P	1012	60
16	S	999,3	200
17	Cl	1255	348
18	Ar	1520	-70
19	K	418,7	12
20	Ca	589,6	-50

(Inorganic energetics, W.E. Dasent, 1970)

Paula Paganini Costa

- 1) Analisando os valores na tabela e lembrando que um íon é uma espécie carregada positiva ou negativamente, proponha um modelo que explique como cada um desses tipos de íons é formado.
- 2) a) Qual é o íon de Na mais estável formado a partir da substância Na(s)? Por quê?
b) Qual o valor energético envolvido na formação de um mol desse íon?
- 3) a) Qual é o íon de Cl mais estável formado a partir da substância Cl₂(g)? Por quê?
b) Qual o valor energético envolvido na formação de um mol desse íon?

Atividade 5

Na atividade anterior vocês propuseram um modelo para a formação de íons. A próxima questão a ser explicada é relativa à maneira que esses íons interagem levando a formação do cloreto de sódio. Nessa atividade, vocês deverão propor um modelo que explique a interação entre os íons que vocês propuseram anteriormente.

- 1) Considere um sistema formado de água e dos íons Na^+ e Cl^- . Desenhe um modelo que represente tal sistema.
- 2)
 - a) O que acontece no sistema à medida que a água vai evaporando até secar? Construa um modelo que represente o sistema final.
 - b) Faça um desenho do modelo construído por seu grupo. Caso julgue necessário, explique por escrito algum detalhe do seu desenho.
 - c) Justifique a escolha do material utilizado (bolinhas de isopor, massinha de modelar, palitos, desenhos com lápis de cor ou outro).
 - d) Descreva, da maneira mais detalhada possível, todos os passos que você seguiu desde a leitura do item (a) até a conclusão da elaboração de seu modelo.
- 3) Qual deve ser o tipo de interação entre esses íons?
- 4) Por que você acha que esses íons estão interagindo e levando à formação de uma substância (no caso, o cloreto de sódio)?
- 5) O que você pode dizer sobre a estabilidade da substância formada em relação aos seus constituintes iniciais (os átomos que lhe deram origem)? Por quê?

Atividade 6

Como discutimos anteriormente, é necessário ter bem claro o objetivo para o qual um determinado modelo é elaborado. No nosso caso, o objetivo da construção do modelo é explicar a formação do cloreto de sódio e suas propriedades. Agora, iremos testar o modelo que foi proposto por vocês. Se o modelo conseguir explicar bem as propriedades do cloreto de sódio, ele será satisfatório. Caso contrário, ele deverá ser modificado.

- 1) A temperatura de fusão do cloreto de sódio é muito elevada ($TF = 808^{\circ}C$). Por isso não conseguimos fundir sal de cozinha na chama de um fogão a gás. O modelo proposto por você é capaz de explicar o valor tão elevado da TF do sal de cozinha? Como?
- 2) Caso o seu modelo não consiga explicar essa propriedade, reformule-o.
 - a) Faça um desenho do novo modelo construído por seu grupo. Caso julgue necessário, explique por escrito algum detalhe do seu desenho.
 - b) Compare seus dois modelos e identifique quais aspectos foram modificados. Explique também porque eles foram modificados dessa maneira. (Caso necessário, adicione outras linhas ao quadro abaixo.)

Modificação	Justificativa da modificação

Atividade 7

Discutimos inicialmente que para que uma substância exista é necessário que ela seja mais estável do que os átomos isoladamente. No caso do sal de cozinha, formado a partir dos íons Na^+ e Cl^- , este aspecto pode ser comprovado através de dados empíricos. O processo de formação de partículas de cloreto de sódio a partir de um íon Na^+ e um íon Cl^- libera uma quantidade de energia igual a 104,5 Kcal por mol de cloreto de sódio formado. Entretanto, quando a substância cloreto de sódio é formada, obtém-se experimentalmente que a quantidade de energia liberada é de 206 kcal/mol.

- 1) Com base nessas informações, proponha um modelo que explique a atração entre os íons Na^+ e Cl^- levando a formação do cloreto de sódio.
 - a) Faça um desenho do modelo construído por seu grupo. Caso julgue necessário, explique por escrito algum detalhe do seu desenho.
 - b) Justifique a escolha do material utilizado (bolinhas de isopor, massinha de modelar, palitos, desenhos com lápis de cor ou outro).
 - c) Descreva, da maneira mais detalhada possível, todos os passos que você seguiu desde a leitura do item (a) até a conclusão da elaboração de seu modelo.
- 2) O modelo construído nessa atividade é apenas uma modificação do modelo construído anteriormente (Atividade 5 ou 6) ou é um novo modelo diferente do anterior? Justifique a opção do grupo.

Atividade 8

- 1) Um grande número de minerais (calcita, rutilo, mica, berilo etc.) são constituídos por ligações semelhantes às presentes na substância cloreto de sódio. Através do uso de seu novo modelo para o cloreto de sódio explique certas características dos minerais:
- Tem dureza significativa.
 - São quebradiços.
 - Apresentam plano de clivagem.
- 2) Na atividade 4 você calculou o gasto energético na formação de íons sódio e cloreto a partir das substâncias simples Na(s) e Cl₂(g). Através das atividades de modelagem foi possível concluir que esses íons interagem levando a formação de uma rede. O próximo passo a seguir será calcular a energia dessa rede para o cloreto de sódio. Para isso complete a tabela:

Etapa	Processo	Variação energética (kJ/mol)
I- Sublimação	$\text{Na(s)} \rightarrow \text{Na(g)}$	
II – Energia de ionização	$\text{Na(g)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{g}) + \text{e}^-$	
III - Atomização	$\frac{1}{2} \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}(\text{g})$	
IV – Afinidade eletrônica	$\text{Cl}(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-(\text{g})$	
V – Energia de rede	$\text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) \rightarrow \text{NaCl(s)}$	x
Processo global	$\text{Na(s)} + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NaCl(s)}$	-411

Com base nos seus cálculos e nos dados da tabela, calcule x (energia de rede para 1 mol de NaCl). Interprete o significado físico desse cálculo.