



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA

JUCILAYNE MANUELLA DA SILVA

**ANÁLISE DA MEDIAÇÃO SEMIÓTICA NO PROCESSO DE
APRENDIZAGEM DA LIGAÇÃO DE HIDROGÊNIO E INTERAÇÃO ÍON-
DIPLO**

Caruaru
2023

JUCILAYNE MANUELLA DA SILVA

**ANÁLISE DA MEDIAÇÃO SEMIÓTICA NO PROCESSO DE
APRENDIZAGEM DA LIGAÇÃO DE HIDROGÊNIO E INTERAÇÃO ÍON-
DIPOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Química-Licenciatura
do Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de
monografia, como requisito parcial para a
obtenção do grau de licenciada em Química.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientador (a): Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva

Caruaru

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Jucilayne Manuella da.

Análise da mediação semiótica no processo de aprendizagem da Ligação de Hidrogênio e Interação íon-dipolo / Jucilayne Manuella da Silva. - Caruaru, 2023.

80 : il.

Orientador(a): João Roberto Ratis Tenório da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. trajetória de aprendizagem. 2. semiótica. 3. interação íon-dipolo. 4. ligação de Hidrogênio. 5. experimentação. I. Silva, João Roberto Ratis Tenório da . (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

JUCILAYNE MANUELLA DA SILVA

**ANÁLISE DA MEDIAÇÃO SEMIÓTICA NO PROCESSO DE
APRENDIZAGEM DA LIGAÇÃO DE HIDROGÊNIO E INTERAÇÃO ÍON-
DIPOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Química-Licenciatura
do Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de
monografia, como requisito parcial para a
obtenção do grau de licenciada em Química.

Aprovada em: 11/05/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Tatiana Alves de Melo Valério (Examinadora Externa)
Instituto Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho a todos que se interessam pela experiência humana vivida.

AGRADECIMENTOS

Tenho o coração muito grato a Deus por ter concluído a graduação e pela vida de cada pessoa especial que fez parte da minha trajetória. Em fevereiro de 2018, conheci duas pessoas incríveis, Herick e Arantcha. Compartilhamos os momentos de transição do Ensino Médio para a Graduação, e graças a eles, o processo inicial foi muito mais tranquilo, agradeço aos dois por toda a parceria e amizade. Algumas pessoas tornaram o caminho muito melhor de ser trilhado. Agradeço especialmente ao meu parceiro de vida e melhor amigo, Pedro, que conheci cursando a disciplina de Fundamentos da Psicologia II, em outubro de 2019. Agradeço também ao meu amigo Henrique, com quem compartilhei muitos momentos sérios e divertidos, e ao meu amigo Leandro (Leo), que conheci durante a vivência do Pibid e que agora faz parte da minha vida. Sou grata também às minhas amigas de turma (e agora de vida) Vitória e Danielle, e à minha amiga Rafaela, que foi o melhor presente que o transporte para a Universidade poderia me dar. Agradeço também à minha melhor amiga, Letícia, que me emprestou seu nome como pseudônimo nesse trabalho.

Agradeço a todos os professores que me ensinaram, inspiraram e auxiliaram durante a graduação. Destaco especialmente o meu orientador e amigo, João Tenório, que foi muito importante para minha formação, obrigada por toda a paciência e conhecimento compartilhado ao longo desses anos. Agradeço também à professora Ana Paula de Freitas, que foi uma orientadora incrível durante minha vivência no Programa de Residência Pedagógica. Agradeço à professora Ana Lúcia por todos os ensinamentos compartilhados e também à professora Girleide Lemos, que foi muito importante para minha formação, principalmente nos anos iniciais da graduação.

Agradeço aos meus pais, João e Rosineide, e à minha irmã Jossi, por todo o suporte e compreensão ao longo desses anos. Deixo um agradecimento especial — para um futuro um pouco mais distante — ao meu sobrinho Samuel, que ainda não sabe ler pois tem três anos, mas que foi a trilha sonora de muitos dos meus dias de estudo.

Agradeço a todos que colaboraram para essa pesquisa de forma direta e indireta. Tenho dentro de mim um pouco de cada um de vocês que fizeram parte dessa trajetória. Obrigada.

“A real alegria da vida humana está em agir, no plano das ideias ou de práticas.”
(VALSINER, 2012, p. 12).

RESUMO

O processo de aprendizagem pode ser mediado por signos que são classificados em ponto e campo. Essa mediação permite que significados sejam construídos com base em movimentos esquemáticos ou pleromáticos, de acordo com as ideias de Valsiner. Para uma análise deste tipo, o Modelo de Trajetórias de Aprendizagem (MTA) é proposto como uma possível ferramenta de análise para investigar os níveis de abstração durante o processo de aprendizagem, levando em consideração as relações entre conceitos espontâneos e científicos (na visão de Vygotsky) e signos pleromáticos e esquemáticos. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo analisar a trajetória de aprendizagem do conteúdo de Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-Dipolo por meio de uma atividade experimental. A pesquisa foi realizada com dois estudantes do curso de licenciatura em química e os dados foram coletados a partir do registro audiovisual da discussão sobre uma atividade experimental. Já a análise foi feita com a utilização do MTA para identificação dos níveis de abstração e tipos de mediação. A discussão foi guiada por um questionário elaborado com base nos experimentos executados. Os resultados mostraram que os estudantes transitaram entre diferentes níveis de mediação semiótica e entre conceitos abstratos e concretos durante a discussão sobre os dois experimentos realizados. Além disso, identificamos a externalização e a (re)construção de signos, assim, por meio da análise semiótica dos diálogos dos participantes foi possível inferir que novos signos (novos significados) foram construídos a partir dos signos que os estudantes já conheciam, o que possibilitou a construção das trajetórias de aprendizagem dos estudantes.

Palavras-chave: trajetória de aprendizagem; signos; semiótica; interação íon-dipolo; ligação de Hidrogênio; experimentação.

ABSTRACT

The learning process can be mediated by signs that are classified into point and field. This mediation enables meanings to be constructed based on schematic or pleromatic movements, according to Valsiner's ideas. For an analysis of this type, the Learning Pathway Model (LPM) is proposed as a possible analytical tool to investigate the levels of abstraction during the learning process, considering the relationships between spontaneous and scientific concepts (in Vygotsky's view) and pleromatic and schematic signs. Thus, this study aimed to analyze the learning pathway of Hydrogen Bonding and Ion-dipole Interactions through an experimental activity. The research was conducted with two students from the chemistry teaching degree course and the data were collected from the audiovisual recording of the discussion about an experimental activity. The analysis was done using LPM to identify levels of abstraction and types of mediation. The discussion was guided by a questionnaire based on the conducted experiments. The results showed that the students transitioned between different levels of semiotic mediation and between abstract and concrete concepts during the discussion about the two experiments that were performed. Additionally, we identified the externalization and (re)construction of signs. Thus, through the semiotic analysis of the participants' dialogues, it was possible to infer that new signs (new meanings) were constructed based on the signs that the students already knew, which enabled the construction of the students' learning pathway.

Keywords: learning pathway; signs; semiotics; ion-dipole interaction; Hydrogen bonding; experimentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Representação da molécula de água	18
Figura 2 –	Tabela Periódica dos Elementos Químicos	19
Figura 3 –	Tabela Periódica dos Elementos Químicos com imagens	20
Figura 4 –	Representação da fluidez de fenômenos em termos teóricos tipo ponto ou tipo campo	22
Figura 5 –	Relação entre nós e campos	23
Figura 6 –	Tabela com as Forças interiônicas e intermoleculares e suas respectivas energias	27
Figura 7 –	Diagrama com faixas de energias para as Forças Intermoleculares e Intramoleculares	27
Figura 8 –	Representação da Ligação de Hidrogênio na água	29
Figura 9 –	Representação das Forças íon-dipolo que ocorrem entre os íons do Cloreto de Sódio e as moléculas de água	30
Figura 10 –	Ferramenta analítica para investigar o nível de abstração de conceitos científicos	33
Figura 11 –	Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 1	40
Figura 12 –	Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 2	45
Figura 13 –	Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 3	49
Figura 14 –	Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 6	54
Figura 15 –	Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 8	57
Figura 16 –	Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 10	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 1	37
Quadro 2 –	Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 2	42
Quadro 3 –	Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 3	47
Quadro 4 –	Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 6	51
Quadro 5 –	Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 8	55
Quadro 6 –	Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 10	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	PSICOLOGIA CULTURAL SEMIÓTICA.....	16
3.1.1	Semiótica de Peirce.....	17
3.2	MEDIAÇÃO SEMIÓTICA VIA ESQUEMATIZAÇÃO E PLEROMATIZAÇÃO.....	21
3.3	EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA DE ENSINO DE QUÍMICA.....	24
3.4	FORÇAS INTERMOLECULARES: LIGAÇÕES DE HIDROGÊNIO E INTERAÇÕES ÍON-DIPOLO NO ENSINO DE QUÍMICA.....	26
3.4.1	Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo.....	28
4	METODOLOGIA.....	31
4.1	PARTICIPANTES E CAMPO DA PESQUISA.....	31
4.2	COLETA DE DADOS.....	32
4.3	ANÁLISE DE DADOS.....	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1	ANÁLISE DA DISCUSSÃO DESENVOLVIDA DURANTE A AULA EXPERIMENTAL.....	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICE A – INSTRUÇÕES PARA AULA DE EXPERIMENTAÇÃO..	75
	APÊNDICE B – QUESTIONAMENTOS SOBRE OS EXPERIMENTOS...	77
	APÊNDICE C – PLANO DE AULA.....	78
	APÊNDICE D - IMAGENS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS PELOS PARTICIPANTES.....	80

1 INTRODUÇÃO

Em busca de compreensão a respeito de como a aprendizagem é construída e influenciada por fatores do mundo externo, uma análise do percurso de aprendizagem de estudantes pode ser realizada para compreender os diferentes momentos na trajetória da construção de significados de conceitos científicos. Nesse sentido, uma ferramenta de análise chamada Modelo de Trajetórias de Aprendizagem (MTA¹), proposta por Silva (2023) pode ser adotada para entender como os estudantes transitam entre níveis de mediação semiótica durante o percurso de aprendizagem.

De acordo com Silva (2023), o MTA se trata de uma ferramenta de análise qualitativa que permite que o processo de aprendizagem seja investigado, em um contexto socioecológico individual, por meio de uma análise microgenética. Em outras palavras, o processo de aprendizagem pode ser investigado considerando aspectos subjetivos e as trocas realizadas entre o estudante e os signos que fazem parte da cultura em sua volta. Segundo Wagoner e Jensen (2014), o método de análise microgenético tem como foco principal o processo intermediário, e isso permite analisar aquilo que foi construído e reconstruído durante a aprendizagem, obtendo a partir disso, detalhes sobre mudanças intra-individuais em casos únicos. No que diz respeito à dimensão microgenética do MTA, Silva (2023) explica que esse método de análise possibilita que as externalizações dos estudantes possam ser classificadas em diferentes níveis de abstração, que são organizados no MTA por categorias. Ainda segundo o autor, essas categorias são embasadas na teoria de conceitos científicos e cotidianos de Vygotsky; e nas mediações semióticas pleromatização e esquematização de Valsiner.

Desse modo, a partir das abordagens teóricas citadas, se faz possível investigar o percurso de aprendizagem dos alunos através da enunciação das ideias deles, e categorizá-las analisando as transições entre conceitos do cotidiano e científicos e como eles são mediados via esquematização e pleromatização. Dessa forma, o objeto de estudo da presente pesquisa se trata do percurso de aprendizagem dos alunos, em relação à aprendizagem de conceitos científicos, e do papel que os signos desempenham na construção do conhecimento via pleromatização e esquematização, que expressam a relação entre aspectos cognitivos e afetivos na aprendizagem. Assim, a presente investigação terá o problema de pesquisa: “Como aspectos cognitivos e afetivos envolvidos no processo de construção de significados sobre Ligação de

¹ Traduzido do inglês: “Learning Pathway Model (LPM)” (SILVA, 2023).

Hidrogênio e Interação Íon-dipolo por licenciandos em Química podem ser identificados via pleromatização e esquematização?”.

A análise dentro das noções de mediação esquemática e pleromática permite investigar como a influência dos elementos culturais atuam sobre os processos mentais (VALSINER, 2012). Consideramos que durante o processo de aprendizagem, o aluno interage com diversos elementos que podem ser ou se tornarem um signo pleromático, isto é, um signo hipergeneralizado de caráter afetivo (VALSINER, 2006). Signos hipergeneralizados podem ser compostos por características de signos do tipo ícone, índice e símbolo, e, portanto, são capazes de despertar domínios afetivos devido à riqueza de significados que possuem (VALSINER, 2006; VALSINER, 2012). Considerando esses fatores, o signo hipergeneralizado é capaz de influenciar as experiências vivenciadas pelo educando por meio da construção de significados a partir das interpretações desses signos.

Assim, a análise do percurso de aprendizagem é importante para identificar como as mediações esquemática e pleromática atuam na aprendizagem, com ênfase na observação de como o afeto que permeia os movimentos pleromáticos interferem na construção de significados (VALSINER, 2012). Vale destacar que a pleromatização é a mediação que possibilita a expressão de signos do tipo campo, que segundo Valsiner (2012) são signos ricos em termos de significados, e, portanto, têm sua complexidade e significado real preservados. Por outro lado, a esquematização é a mediação que possibilita a expressão de signos do tipo ponto, que segundo Valsiner (2012) são signos generalizados, que têm seus significados semióticos reduzidos em forma de esquemas ou categorias, perdendo a complexidade do fenômeno representado.

Trazendo isso para a pesquisa educacional de ensino de ciências, esses elementos podem ser úteis para estudos de caso em sala de aula, considerando relações como: a interação professor-aluno; interação aluno-aluno; a afetividade em relação ao conteúdo em discussão; a metodologia escolhida para a aula; bem como outros possíveis elementos presentes no ambiente de aprendizagem que possam ser ou se tornarem signos do tipo ponto ou campo, cuja mediação para construção de significados ocorre via esquematização e pleromatização, respectivamente.

No que diz respeito ao conteúdo de Ligação de Hidrogênio e Interação Íon-dipolo, que serão abordados na pesquisa, a escolha se deu a partir do que foi discutido por Junqueira (2017). A autora afirma que é comum que os estudantes acreditem que a Ligação de Hidrogênio é a mais forte dentre as forças intermoleculares, e que ela pode ser mais forte que uma ligação química. Além disso, segundo Junqueira (2017), normalmente nas aulas e nos livros didáticos, as forças Intermoleculares são classificadas em relação às suas intensidades, e a Ligação de

Hidrogênio geralmente é explicada como sendo a força Intermolecular mais forte. Essa abordagem classificatória das forças intermoleculares pode se tornar um impasse na construção de significados do conteúdo em questão, pois o estudante pode assumir que em qualquer caso a Ligação de Hidrogênio sempre será a mais forte. Apesar da Ligação de Hidrogênio ser tratada como a mais intensa das forças intermoleculares, nem sempre isso será verdade, pois de acordo com um diagrama apresentado por McCord (2012) a Interação Íon-dipolo pode, em alguns casos, ser mais forte que a Ligação de Hidrogênio, e, portanto, a construção de significados dessas duas forças intermoleculares será analisada na presente pesquisa.

A construção de significados sobre a Ligação de Hidrogênio e a Interação Íon-dipolo será analisada a partir do papel mediador da experimentação, que será orientada por meio de questionamentos com potencial para despertar o compartilhamento de ideias entre os pares. Nesse sentido, por meio da experimentação se faz possível que os estudantes em um contexto dialógico construam argumentos e expressem suas ideias de forma oral (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Diante disso, a externalização de ideias sobre os experimentos realizados pode ser analisada via MTA, para compreender o processo de construção de significados e identificar possíveis elementos de caráter afetivo que estejam relacionados à experimentação ou ao que acontece nos experimentos. Assim, considerando o processo de aprendizagem como uma construção influenciada pela cultura semiótica, as trajetórias de aprendizagem dos alunos em relação às Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo serão analisadas, com o objetivo de entender como as mediações esquemáticas e pleromáticas atuam no processo de construção de significados.

Na abordagem teórica da presente pesquisa os seguintes tópicos são trabalhados: Psicologia cultural; Semiótica de Peirce; Mediação semiótica via esquematização e pleromatização; Experimentação como ferramenta de ensino de química; Forças Intermoleculares: Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo no Ensino de Química; e Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo. O primeiro tópico discute a atuação da cultura na mente humana, e como a aprendizagem é influenciada pela cultura; o segundo tópico aborda a noção de signo a partir da teoria peirceana; o terceiro tópico faz parte da abordagem teórica do MTA e portanto aborda as noções de esquematização e pleromatização; no quarto tópico é discutido sobre a visão e abordagem da experimentação na presente pesquisa; o quinto tópico discute sobre o ensino das Forças Intermoleculares com ênfase na Ligação de Hidrogênio e Interação Íon-dipolo; e por fim, no sexto tópico é realizada uma breve descrição sobre as forças intermoleculares Ligação de Hidrogênio e Interação Íon-dipolo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a trajetória do processo de aprendizagem de Ligações de Hidrogênio e de Interações Íon-dipolo de estudantes de Química-Licenciatura por meio da mediação via pleromatização e esquematização a partir da utilização de dois experimentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar elementos afetivos e cognitivos via mediação por esquematização e pleromatização;
2. Analisar os diferentes percursos de aprendizagem na construção de significados sobre Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo via MTA;
3. Classificar os tipos de signos em ponto ou campo na construção do conhecimento sobre as Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentada uma discussão sobre a Psicologia cultural, pois consideramos o processo de aprendizagem como uma construção influenciada pela cultura semioticamente investida. Além disso, será abordado sobre signos na visão de Peirce, caracterizando os signos do tipo ícone, índice e símbolo; e também sobre os signos do tipo ponto e campo, cuja mediação semiótica ocorre via esquematização e pleromatização, que fazem parte da abordagem teórica do MTA. Além disso, a experimentação como ferramenta de ensino de química, as Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo no ensino de química e uma breve descrição sobre essas duas forças intermoleculares também serão apresentadas.

3.1 PSICOLOGIA CULTURAL SEMIÓTICA

A psicologia cultural considera a cultura como um processo inerente às ações humanas (VALSINER, 2012). Além disso, segundo o autor, a psicologia cultural é uma ciência básica que é considerada como parte da psicologia geral. Nesse contexto, de acordo com Valsiner (2007; 2012), é possível ter em mente que a cultura é um processo que influencia os sistemas psicológicos dos seres humanos, de forma intrapessoal e interpessoal. Ou seja, a cultura tem influência no modo em que a pessoa pensa, se expressa, sente, aprende, e consequentemente em sua forma de se relacionar com as outras pessoas. Nesse sentido, a mente humana está o tempo inteiro assimilando informações do ambiente, realizando trocas com o meio social e consequentemente “gerando cultura”.

Tendo a cultura como um processo dinâmico que coordena as ações humanas, vale evidenciar que as interações que ocorrem a partir das trocas diárias da mente com o meio social, podem ocorrer tanto a partir de signos conhecidos, quanto a partir de signos desconhecidos, de modo consciente ou a partir de sugestões sociais (VALSINER, 2007; VALSINER, 2012). Dessa forma, destacando o processo cognitivo da aprendizagem, que é considerado um processo influenciado pelo ambiente sociocultural (SILVA, 2023), e, portanto, influenciado pela cultura semiótica; é possível inferir que diversas trajetórias de aprendizagem são possíveis para cada pessoa, a depender dos signos que são conhecidos por ela, e da relação que será estabelecida com os novos signos disponíveis no ambiente.

Nesse contexto, a psicologia cultural de modo geral, trata-se de um campo de estudo que se preocupa em como a cultura é capaz de modificar os processos psicológicos dos seres que fazem parte dela; pois considera, inclusive, que a cultura é parte do sistema psicológico

individual (VALSINER 2012). Essa relação entre cultura e mente permite inferir que o comportamento do ser humano é moldado pela cultura, visto que ela influencia no modo de pensar através dos elementos semióticos em que se entra em contato, e que compõem uma semiosfera na mente. Assim, Valsiner (2013) explica que a psicologia cultural, diferentemente dos outros ramos da psicologia, busca orientar-se a partir do estudo das funções psicológicas superiores, que está relacionada com o uso da vontade humana, e considera também como as normas sociais influenciam a psique.

De acordo com Valsiner (2012) o mundo subjetivo de seres humanos está mudando o tempo todo, de forma dinâmica, a partir das experiências imediatas, que são experiências culturais. Além disso, o autor destaca que a forma em que o indivíduo interage com a cultura é realizada a partir dos processos de internalização e externalização. A “Internalização é o processo de análise dos materiais semióticos existentes externamente e de sua síntese sob uma nova forma dentro do domínio intrapsicológico” (VALSINER, 2012, p. 283). Ou seja, o indivíduo é capaz de entrar em contato com elementos simbólicos em sua volta e apreender seus significados de uma forma diversa.

No que diz respeito ao processo de externalização, Valsiner (2012, p. 283) explica que “Externalização é o processo de análise dos materiais pessoal-culturais intrapsicologicamente existentes (subjetivos), durante sua transposição do interior da pessoa para o seu exterior, e a modificação do ambiente externo como uma forma de nova síntese desses materiais”. Isto é, a externalização pode ser explicada como um processo de compartilhar aquilo que se sabe, ou seja, aquilo que foi internalizado. Nesse sentido, esses processos são importantes para a cultura pois permitem que, a partir do conhecimento construído, cultura seja “produzida”, visto que o indivíduo constrói novos significados a partir do que foi internalizado e posteriormente é capaz de externalizar os significados construídos.

Considerando que a cultura está presente no pensar e no agir devido ao processo de internalização que ocorre por meio de signos, a semiótica de Peirce será apresentada abordando os signos do tipo ícone, índice e símbolo, que auxiliam na construção de significados.

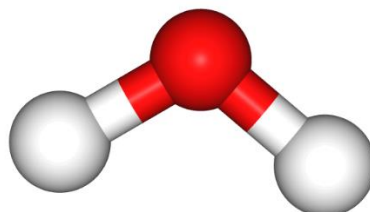
3.1.1 Semiótica de Peirce

No que diz respeito às abordagens teóricas do MTA, para melhor compreender as noções de esquematização e pleromatização citadas na introdução da presente pesquisa, é importante falar sobre signos, visto que segundo Valsiner (2012) o mundo é permeado por eles, e conseqüentemente o comportamento humano é mediado por esses signos. Ainda segundo o

autor, os signos são uma construção da mente humana, e as mentes fazem o uso de signos. Já segundo Peirce (1894, p. 51), “Nós pensamos somente por signos”. Nesse contexto, considerando os signos como parte da construção do pensamento, as categorias de Peirce (1894) para signos serão explicadas.

De acordo com Peirce (1894) há três tipos de signos: os ícones, os índices e os símbolos. Os ícones são utilizados para que seja possível imitar o objeto representado, isto é, para que apresente a mesma ideia do objeto real; tornando o objeto e o signo do tipo ícone semelhantes, mas sem a existência de uma conexão dinâmica entre o signo e objeto representado (PEIRCE, 1894). No processo de aprendizagem em química, as representações virtuais de moléculas podem ser um signo do tipo ícone, dependendo do interpretante. Pois, a representação da molécula estabelece relação com o objeto real (ideia de molécula), por meio da semelhança entre o ícone e o objeto real. Assim, a Figura 1, que é a representação da molécula de água, pode ser um tipo de ícone.

Figura 1 - Representação da molécula de água



Fonte: Symmetry@Otterbein²

De forma contrária ao ícone, o signo do tipo índice está fisicamente conectado às coisas que ele indica, e é utilizado justamente para indicar alguma coisa, cuja interpretação é realizada pela mente humana (PEIRCE, 1894). Um exemplo de índice no que diz respeito ao conhecimento químico, é a representação de elementos químicos através das letras, como pode ser observado na Figura 2. Pois as letras possibilitam a significação do objeto (elemento químico), sendo a significação realizada pela mente humana, e são afetadas pelo objeto (WARTHA; REZENDE, 2011). Assim, as letras indicam qual é o elemento químico, estabelecendo uma conexão, de modo que ao olhar, por exemplo, para a letra H na Figura 2, sabe-se que ela é a representação do elemento químico Hidrogênio.

² Disponível: <https://symotter.org/gallery>. Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

Figura 2 - Tabela Periódica dos Elementos Químicos

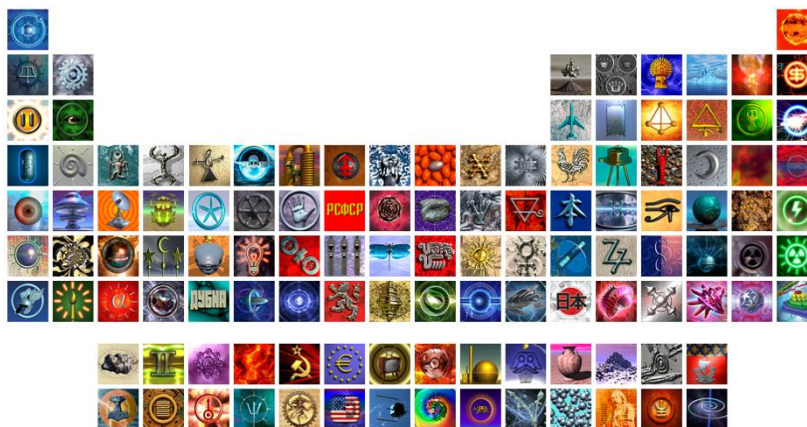
H 1																	He 2																												
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10																												
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18																												
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36																												
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54																												
Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86																												
Fr 87	Ra 88	Ac 89	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118																												
<table><tr><td>Ce 58</td><td>Pr 59</td><td>Nd 60</td><td>Pm 61</td><td>Sm 62</td><td>Eu 63</td><td>Gd 64</td><td>Tb 65</td><td>Dy 66</td><td>Ho 67</td><td>Er 68</td><td>Tm 69</td><td>Yb 70</td><td>Lu 71</td></tr><tr><td>Th 90</td><td>Pa 91</td><td>U 92</td><td>Np 93</td><td>Pu 94</td><td>Am 95</td><td>Cm 96</td><td>Bk 97</td><td>Cf 98</td><td>Es 99</td><td>Fm 100</td><td>Md 101</td><td>No 102</td><td>Lr 103</td></tr></table>																		Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103
Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71																																
Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103																																

Fonte: Adaptado de Royal Society of Chemistry³

No que diz respeito aos símbolos, eles são associados aos próprios significados de uso, sendo assim, a conexão existente entre o símbolo e o objeto é estabelecida a partir da interpretação que a mente realiza, e sem essa interpretação não há conexão entre o símbolo e o objeto (PEIRCE, 1894). Como exemplo de signo do tipo símbolo dentro do conhecimento químico também é correto afirmar que as letras que representam os elementos químicos, como mostra a Figura 2, são símbolos; isto é, o mesmo exemplo dado para a categoria de índice também pode assumir a categoria de símbolo. Pois, como explicado anteriormente, a conexão entre o símbolo e o objeto é estabelecida pela mente, sendo possível inferir que as categorias não são estáticas. Diante disso, a representação do elemento químico pode ser um símbolo, devido ao significado estabelecido na mente para esse signo, transformando-o em um símbolo. Para melhor explicar um signo do tipo símbolo, podemos observar a Figura 3. As imagens utilizadas para representar os elementos químicos, só serão símbolos químicos caso sejam conhecidas e entendidas pelo observador; isto é, se for possível estabelecer uma conexão entre a imagem e o elemento químico, gerando significado simbólico.

³ Disponível em: <https://www.rsc.org/periodic-table>. Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

Figura 3 - Tabela Periódica dos Elementos Químicos com imagens



Fonte: Adaptado de Royal Society of Chemistry⁴

Nesse sentido, vale explicitar que segundo Wartha e Rezende (2011) os estudantes podem “sair” de uma categoria para outra, sendo possível que a representação mental inicie em ícone e/ou índice e evolua para símbolo. E assim, visto que a significação depende da interpretação da mente, o mesmo signo pode pertencer a categorias diferentes dependendo do observador. Desse modo, “a molécula de etanol pode ser considerado um símbolo para a comunidade de químicos e pode não ser um símbolo para um estudante que entrar em contato pela primeira vez com essa representação.” (WARTHA; REZENDE, 2011, p. 286). Isto é, diferente das pessoas que já estudaram química, a pessoa que entra em contato a primeira vez com a representação da molécula de etanol ainda não realizou interpretações para construir significados a respeito da molécula, e, portanto, não é um símbolo para ela.

Como explicado anteriormente, de acordo com Wartha e Rezende (2011), a representação mental do observador pode evoluir de ícone e/ou índice para símbolo. No que diz respeito à aprendizagem, caso o estudante apenas memorize a representação sem conseguir evoluir para o signo do tipo símbolo, ele estará gerando semiose degenerada, impedindo sucessivas semioses (WARTHA e REZENDE, 2011). Isso significa que a memorização realizada pelo estudante irá atrapalhar a construção de novos significados, uma vez que a significação não foi construída efetivamente, impossibilitando a evolução de ícone para símbolo.

⁴ Disponível em: <https://www.rsc.org/periodic-table>. Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

Dessa forma, considerando os tipos de categoria de signos (ícone, índice e símbolo) e como a construção de significados é realizada na mente humana, através da mediação dos signos, dois tipos de mediações semióticas serão abordados: a esquematização e a pleromatização. Para explicar melhor como cada uma das mediações ocorrem, os conceitos de signo ponto e signo campo serão adotados.

3.2 MEDIAÇÃO SEMIÓTICA VIA ESQUEMATIZAÇÃO E PLEROMATIZAÇÃO

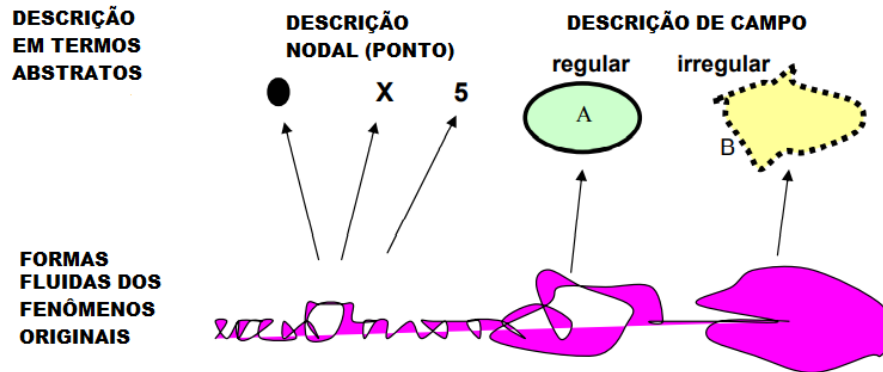
A partir da explicação dos tipos de signos, de acordo com as categorias de Peirce, é possível compreender sobre os processos de esquematização e pleromatização. Assim, segundo Valsiner (2006) a mediação semiótica atua ao longo de duas linhas que são paralelas: a esquematização e a pleromatização, sendo mutuamente interligadas. A esquematização é explicada por Valsiner (2006) como sendo uma forma de simplificar o mundo, que por sua vez a partir da esquematização torna-se aberto ao controle social; e por consequência a riqueza de significados de natureza afetiva e mental é perdida, uma vez que a esquematização representa uma simplificação do objeto representado.

Podemos dizer então, que a tentativa de explicar um fenômeno complexo através de uma definição simples trata-se de uma esquematização, devido ao caráter homogeneizador, e às questões afetivas que geralmente deixam de ser consideradas quando se faz uma esquematização. Ou seja, a mediação semiótica esquematização ocorre via signos do tipo ponto; que segundo Valsiner (2012) são signos generalizados, que têm seus significados semióticos reduzidos a um esquema ou categoria (Figura 4), e, portanto, não apresentam a essência do fenômeno representado.

A pleromatização por outro lado, é mais complexa que a esquematização, pois faz uso de representações hiperenriquecidas da realidade, que torna possível a representação de outras realidades e até mesmo de irrealidades (VALSINER, 2006). Além disso, podemos dizer que a pleromatização ocorre, por exemplo, quando não é possível explicar um sentimento complexo por meio da linguagem verbal, devido aos signos hipergeneralizados que permeiam a mente nesses momentos (VALSINER, 2012). Segundo Valsiner (2006), a pleromatização possibilita uma representação rica de significados permeada por movimentos afetivos, devido aos seus signos híbridos, que podem apresentar uma combinação de características de signos do tipo ícone, índice e símbolo. Assim, a mediação semiótica pleromatização ocorre via signos do tipo campo; que segundo Valsiner (2012) são signos repletos de significados, preservando a essência

do fenômeno representado. Ainda de acordo com o autor, os signos do tipo campo podem ter estrutura regular ou irregular, como pode ser observado na Figura 4.

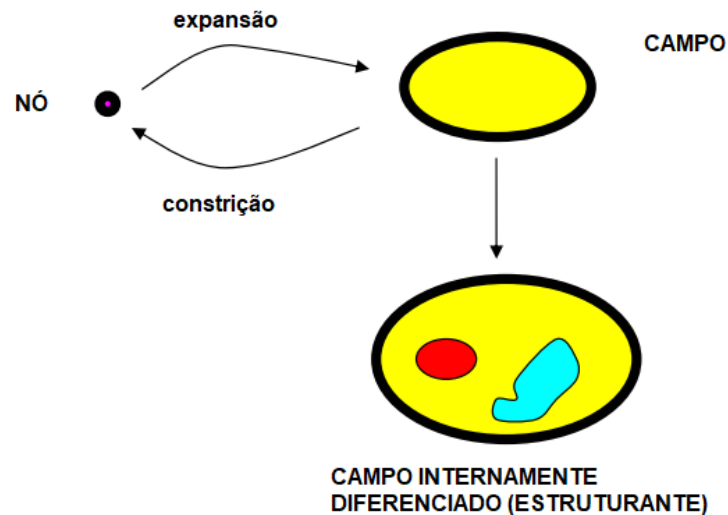
Figura 4 - Representação da fluidez de fenômenos em termos teóricos tipo ponto ou tipo campo



Fonte: Adaptado de Valsiner (2007, p. 34).

Assim, observando a Figura 4 é possível inferir o que ocorre com o fenômeno original e sua consequente classificação. Seguindo a sugestão das setas é possível interpretar que a classificação em signo ponto ocorreu em virtude da categorização do fenômeno original, que reduz o significado real. De mesmo modo, a classificação em signo do tipo campo ocorreu, pois, a maior parte do significado do fenômeno original foi mantida, e ainda subclassificada em regular ou irregular. De acordo com Valsiner (2012) a tentativa de expressar um sentimento complexo a partir de uma representação artística pode ser classificada como um signo irregular. Vale ressaltar ainda, que os signos tipo ponto e campo não são opostos. Pois, segundo Valsiner (2012, p. 43) “ao se examinarem as relações entre representações de nó e de campo, fica claro que um nó é um campo mínimo e campo é um nó maximizado, que é internamente indiferenciado”. Em outras palavras, existe uma relação de expansão e contração de significados entre os dois tipos de signos, e isso pode ser melhor observado na Figura 5.

Figura 5 - Relação entre nós e campos



Fonte: Adaptado de Valsiner (2007, p. 35).

Assim, observando a Figura 5, é possível inferir que o signo tipo ponto (ou nó) apresenta uma homogeneidade de significados, e por isso é considerado um campo mínimo. Por outro lado, o signo campo apresenta heterogeneidade de significados, e por isso é mais complexo. Essa heterogeneidade significa que os signos do tipo campo, mediados pela pleromatização, são compostos por mais de um tipo de signo. Por isso, de acordo com Valsiner (2006) signos pleromático são chamados de híbridos. Isso significa dizer, que eles podem ser compostos por características de ícones, índices e símbolos, sendo um tipo de signo composto por vários significados; o que permite segundo Valsiner (2006) que o signo pleromático atue sobre o cognitivo da mente humana e desperte domínios afetivos.

Ainda considerando a influência da pleromatização, é importante destacar que através da mediação de signos é possível alcançar um estado de supergeneralização, na tentativa de descrever um sentimento; fazendo com que a pessoa que experiencia o sentimento não consiga expressar em palavras o que está sentindo, nesses momentos a linguagem verbal parece não ser suficiente para fazer externalizações (VALSINER, 2012). Assim, através do contato com diferentes tipos de signos, as experiências intrapessoais e interpessoais vão sendo influenciadas. Nesse sentido, vale a pena destacar a visão de Valsiner (2012, p. 251) a respeito de como nossas relações com o mundo são influenciadas pelos signos:

Nós criamos sentido para nossas relações com o mundo, e para o próprio mundo, pelos nossos sentimentos que são, eles próprios, culturalmente organizados pela via da criação e uso de signos. O domínio dos sentimentos é central para a construção de culturas pessoais. O lado mental-reflexivo (ou “cognitivo”) é uma ferramenta semiótica emergente para organizar o relacionamento afetivo com o mundo.

Nesse sentido, os signos influenciam em todas as áreas da vida, e possibilitam a organização das relações afetivas com o mundo. Assim, as mediações semióticas, esquematização e pleromatização, serão utilizadas na presente pesquisa, pois elas permitem a classificação em signos do tipo ponto e campo, e fazem parte da abordagem teórica da ferramenta MTA. Desse modo, a experimentação, que é uma das ferramentas de ensino de química, é utilizada na presente pesquisa pois possibilita a discussão do conteúdo de química trabalhado, e assim, a análise das mediações semióticas que ocorrem durante a aprendizagem pode ser realizada.

3.3 EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA DE ENSINO DE QUÍMICA

É comum que a experimentação em química seja vista pelos alunos como uma atividade interessante, tornando comum também que professores utilizem a atividade experimental como um meio de mostrar na prática o conteúdo ensinado e de cativar os alunos (SOUZA *et al*, 2013). Entretanto, segundo Souza *et al* (2013) há uma diferença entre apreciar e compreender qual é o papel didático da utilização de experimentos no ensino de química; ou ainda, compreender de que maneira a experimentação contribui para o ensino de química. Assim, é importante ressaltar que apesar da beleza de uma atividade experimental ser capaz de encantar os estudantes, apenas a realização do experimento não garante a aprendizagem. Portanto, segundo Souza *et al*, (2013) a habilidade do professor em questionar e problematizar os fenômenos é fundamental para a aprendizagem.

Vale ressaltar ainda, que elementos afetivos podem estar relacionados à experimentação e por consequência há a possibilidade de que essa afetividade contribua para o entendimento do fenômeno estudado. Porém, é importante destacar que “o fato de uma atividade experimental despertar nos alunos certa curiosidade ou fascínio não é o ponto de chegada da aula, mas o ponto de partida, não é nele que culmina o processo educativo, como pensam alguns, mas de onde se parte para alcançar a aprendizagem.” (SOUZA *et al*, 2013, p. 12). Assim sendo, a atividade experimental pode ser uma boa ferramenta de ensino de química, desde que a intencionalidade de sua utilização seja a aprendizagem e não apenas o fascínio dos estudantes.

A experimentação como ferramenta de ensino de química, por si só, não garante a aprendizagem; mas a experimentação orientada por questionamentos cria possibilidades para a construção do conhecimento. Nesse sentido, é válido ressaltar que atividades experimentais com características de um trabalho investigativo podem possibilitar o aprimoramento da capacidade de reflexão sobre fenômenos físicos e químicos. Isso porque a condução de um experimento a partir de questionamentos abre a possibilidade de movimentos reflexivos na elaboração de hipóteses e na mobilização de conhecimentos prévios que fomentem (SOUZA *et al*, 2013). Além disso, o experimento conduzido a partir de questionamentos de forma investigativa não possibilita apenas a criação de hipóteses para responder às questões problemas, mas também que outros questionamentos surjam ao longo da atividade experimental. Os autores argumentam que atividades experimentais que abrem espaço para que os estudantes exponham seus raciocínios e discutam, contribuem para um maior desenvolvimento na aprendizagem. De mesmo modo, Gonçalves e Marques (2006, p. 234) destacam que:

[...] inserir as atividades experimentais em um contexto dialógico que inclui, por exemplo, a presença do questionamento reconstrutivo, da construção de argumentos e comunicação destes argumentos. Valorizar estas características significa apostar na explicitação do conhecimento discente e no diálogo oral e escrito.

Destaca-se, então, que a experimentação é uma ótima abordagem para inserir os estudantes em um contexto dialógico, para que possam expor seus raciocínios e discutir sobre as Ligação de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo, através de questionamentos levantados. Nesse sentido, considerando as atividades experimentais com características de um trabalho investigativo como um recurso para a aprendizagem de química, e considerando o possível caráter motivador da experimentação, a trajetória de aprendizagem de Ligação de Hidrogênio e Interação Íon-dipolo através de uma atividade experimental será analisada. É válido destacar que a experimentação não está sendo considerada como único possível elemento de afetividade do processo de aprendizagem que será investigado, e sim como uma possibilidade de ser um dos elementos afetivos que mediam a construção do conhecimento.

Dessa forma, o objeto de estudo é a trajetória de aprendizagem que os participantes da pesquisa percorrem, e a experimentação é o meio para que a trajetória de construção de significados do conteúdo de Ligações de Hidrogênio e Interação Íon-dipolo possam ser investigados.

3.4 FORÇAS INTERMOLECULARES: LIGAÇÕES DE HIDROGÊNIO E INTERAÇÕES ÍON-DIPOLO NO ENSINO DE QUÍMICA

As forças intermoleculares são de grande importância para o ensino de química, pois o tema se relaciona com diversas áreas dessa ciência. Rocha (2001) explica que as interações intermoleculares permitem compreender melhor sobre o comportamento de sistemas químicos a nível molecular, uma vez que essas interações estão relacionadas com as propriedades termodinâmicas de sólidos, líquidos e gases. De mesmo modo, Junqueira (2017, p. 17) comenta sobre como as interações intermoleculares contribuem para a aprendizagem de outros fenômenos, e sobre a importância desse conteúdo no currículo de um curso de nível superior:

O conhecimento de como se dão as interações intermoleculares auxilia na compreensão de diversos fenômenos, pois explicam propriedades como solubilidade, volatilidade, ponto de fusão e ponto de ebulição, entre outras. Por consequência, o tema é transversal no currículo de um curso de química e é fundamental na formação do químico, seja para a atuação como docente na educação básica ou superior, em indústrias ou pesquisas acadêmicas.

Apesar da importância do conteúdo para o currículo de um curso de química, como foi destacado pela autora, a forma como as forças intermoleculares são trabalhadas pode atrapalhar a construção do conhecimento químico dos estudantes. Pois, o conteúdo em questão é abordado em várias disciplinas no nível superior por estar relacionado com diversas áreas da química; mas apesar da importância das forças intermoleculares, elas geralmente são abordadas sem estabelecer conexões entre as disciplinas em que são trabalhadas, podendo deixar lacunas no processo de aprendizagem (JUNQUEIRA, 2017). A autora ainda completa que a forma fragmentada em que o conteúdo é abordado não permite que os estudantes percebam a importância das forças intermoleculares para a construção do conhecimento em química.

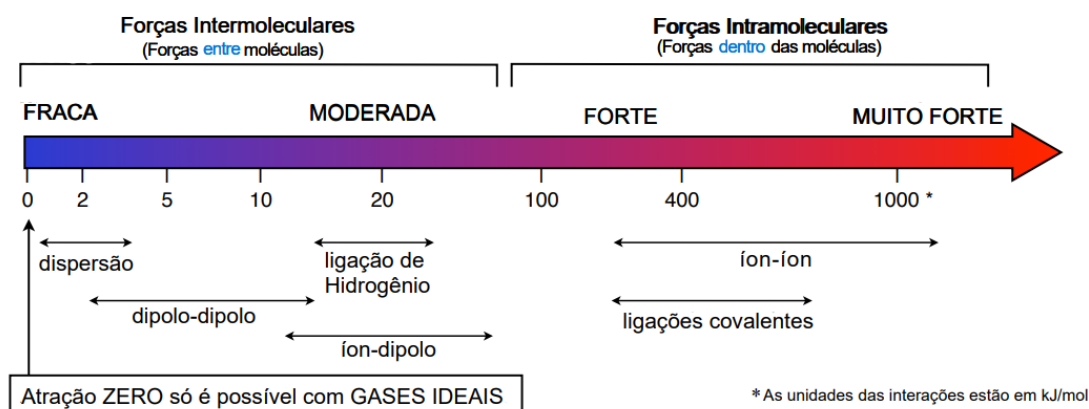
Além disso, devido à falta de atenção ao conteúdo, algumas dificuldades na aprendizagem foram expostas por Junqueira (2017) trazendo informações que demonstram que é comum que os estudantes acreditem que a Ligação de Hidrogênio é sempre a mais forte dentre as forças intermoleculares. Em adição, de acordo com a autora, alguns livros didáticos utilizados a nível superior reforçam essa ideia. Isso pode ser observado por exemplo, em uma tabela encontrada no livro de Atkins e Jones (2012), que mostra a energia da ligação de Hidrogênio como sendo 20 kJ.mol^{-1} , sendo a mais forte apresentada, como pode ser visto da Figura 6.

Figura 6 - Tabela com as Forças interiônicas e intermoleculares e suas respectivas energias**TABELA 5.1** Forças interiônicas e intermoleculares*

Tipo de interação	Energia típica ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	Espécies que interagem
íon-íon	250	somente íons
íon-dipolo	15	íons e moléculas polares
dipolo-dipolo	2	moléculas polares estacionárias
	0,3	moléculas polares em rotação
dipolo-dipolo induzido	2	pelo menos uma molécula deve ser polar
London (dispersão) [†]	2	todos os tipos de moléculas
ligação hidrogênio	20	moléculas que contêm uma ligação N-H, O-H ou F-H; a ligação é um átomo de H compartilhado pelas moléculas

Fonte: Atkins e Jones (2012, p. 172, destaque nosso).

Essa questão de a Ligação de Hidrogênio na maioria dos casos ser destacada como a mais forte pode levar a uma construção equivocada do conhecimento, o que inclusive é mostrado na pesquisa realizada por Junqueira (2017). Assim, é válido ressaltar que o destaque nos valores de energia da Interação Íon-dipolo e Ligação de Hidrogênio na Figura 6 tem a intencionalidade de fazer uma ressalva no que diz respeito às energias atribuídas para essas duas forças intermoleculares. Como pode ser observado na Figura 7, a intensidade da Ligação de Hidrogênio apresentada encontra-se em uma faixa de energia, bem como para a Interação Íon-dipolo.

Figura 7 - Diagrama com faixas de energias para as Forças Intermoleculares e Intramoleculares

Fonte: Adaptado de McCord (2012).⁵

⁵ Disponível em: <https://gchem.cm.utexas.edu/imfs/index.php#forces/forces-attraction-all.php>. Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

Apesar das duas forças intermoleculares assumirem os valores de energia apresentados na tabela do livro de Atkins e Jones (2012), analisando o diagrama é possível observar que essas interações também podem assumir outros valores no que diz respeito às suas intensidades. Em adição, a energia da Interação Íon-dipolo foi classificada como menor que a Ligação de Hidrogênio (Figura 6). Entretanto, na Figura 7 é possível observar, inclusive, que essa interação pode ser mais forte que a Ligação de Hidrogênio em algumas situações. Dito isso, voltamos às questões apresentadas por Junqueira (2017), pois de fato a partir de algumas abordagens realizadas em aulas e de algumas classificações apresentadas em livros, os estudantes podem chegar à conclusão de que a Ligação de Hidrogênio sempre será a mais intensa das interações, levando-os a construir explicações equivocadas a respeito de alguns fenômenos. Pois como apresentado pela autora, os estudantes chegam a acreditar que a Ligação de Hidrogênio é mais intensa que uma ligação química.

Assim, a presente pesquisa utiliza dois experimentos e alguns questionamentos para possibilitar a investigação e discussão a respeito da ação dessas duas forças intermoleculares e de conceitos relacionados a elas. Em virtude da importância que o conteúdo em questão tem para o ensino de Química e de como a intensidade das forças intermoleculares geralmente são enfatizadas, como foi discutido anteriormente. Nesse sentido, a trajetória de aprendizagem dos estudantes sobre Ligação de Hidrogênio e Interação Íon-dipolo será analisada via MTA.

3.4.1 Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo

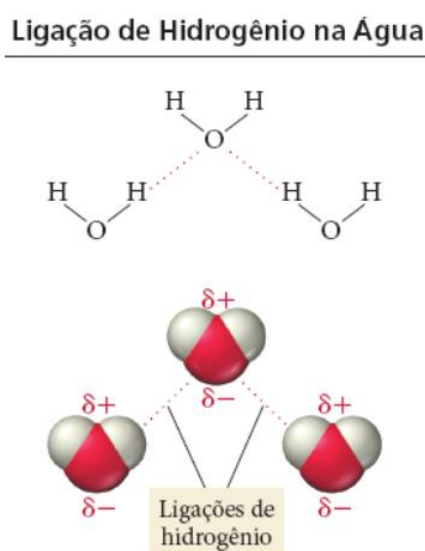
Como a presente pesquisa utiliza dois experimentos que envolvem as forças intermoleculares Ligação de Hidrogênio e Interação Íon-dipolo, é válido realizar uma breve discussão sobre ambas as forças. Nesse contexto, de acordo com Tro (2017), é possível explicar que a força intermolecular Ligação de Hidrogênio ocorre em moléculas polares que possuem átomos de Hidrogênio ligados a átomos eletronegativos; principalmente átomos dos elementos flúor, oxigênio ou nitrogênio. Essa explicação também pode ser observada na tabela do livro Atkins (2012) que está representada na Figura 6 do presente trabalho.

Ainda segundo Tro (2017), a força dipolo-dipolo ocorre entre moléculas polares, e a Ligação de Hidrogênio é um tipo de força dipolo-dipolo mais intensa devido a diferença de eletronegatividade que existe entre o átomo de Hidrogênio e os átomos dos elementos eletronegativos citados anteriormente, o que resulta em uma atração muito forte. Logo, devido a diferença de eletronegatividade o átomo de Hidrogênio fica com uma carga parcial positiva,

e o átomo eletronegativo ligado a ele com uma carga parcial negativa, o que resulta na atração através da força intermolecular Ligação de Hidrogênio.

De mesmo modo, Brown (2005) explica que devido aos átomos dos elementos Flúor, Nitrogênio e Oxigênio serem bastante eletronegativos, quando o Hidrogênio forma ligação com átomos de algum desses elementos, se trata de uma ligação muito polar, com o hidrogênio no lado positivo, por isso, “essa carga positiva é atraída pela carga negativa de um átomo eletronegativo em uma molécula próxima. Como o hidrogênio pobre em elétrons é muito pequeno, ele pode aproximar-se muito de um átomo eletronegativo para, em seguida, interagir fortemente com ele” (BROWN, 2005, p. 381). Na figura 8 é possível observar um exemplo da representação da força intermolecular Ligação de Hidrogênio entre moléculas de água (H_2O).

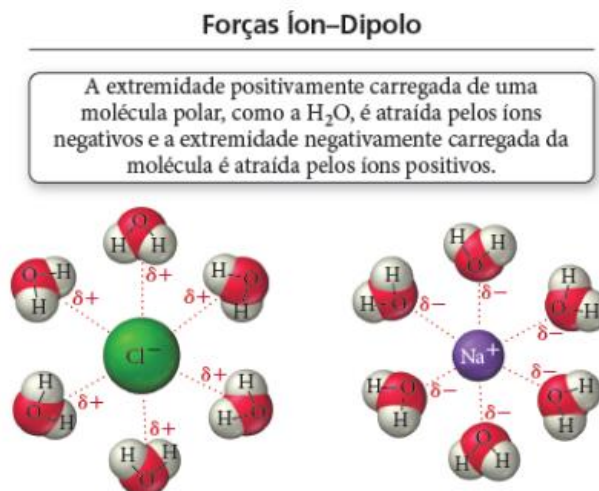
Figura 8 – Representação da Ligação de Hidrogênio na água



Fonte: Tro (2015, p. 1367).

No que diz respeito à força intermolecular Íon-dipolo, segundo Tro (2017) trata-se de um tipo de força intermolecular que ocorre a partir da mistura de um composto iônico e um composto polar. Nesse contexto, o autor discute essa força intermolecular a partir do exemplo da dissolução do Cloreto de Sódio (NaCl) na água. Assim, Tro (2017) explica que os íons Na^+ são carregados positivamente, e se atraem pelos polos negativos das moléculas de água. Já os íons Cl^- são carregados negativamente e se atraem pelos polos positivos das moléculas de água. Diante disso, a representação para essa explicação pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 – Representação das Forças íon-dipolo que ocorrem entre os íons do Cloreto de Sódio e as moléculas de água



Fonte: Tro (2017, p. 1370).

Brown (2005), em concordância com Tro (2017), afirma que os íons provenientes do sal Cloreto de Sódio (NaCl) são cercados pelas moléculas de água a partir das atrações íon-dipolo. Além disso destaca que as forças intermoleculares íon-dipolo são bastante intensas e desempenham um papel importante na formação de soluções aquosas de compostos iônicos.

A seguir, apresentamos a metodologia proposta para a pesquisa, descrevendo os participantes, instrumentos e etapas para coleta e análise dos dados.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa configura-se como um estudo de caso do tipo exploratório. Segundo Fonseca (2002) um estudo de caso tem o objetivo de conhecer com profundidade sobre uma situação específica, buscando encontrar nela o que houver de mais essencial. Além disso, ainda segundo o autor, a partir do estudo de caso, também é possível compreender os fatos do ponto de vista dos participantes, partindo da perspectiva interpretativa; ou ainda, a partir de uma perspectiva pragmática apresentando uma visão global do ponto de vista do observador. No que diz respeito à abordagem exploratória da pesquisa, Gil (2008) explica que geralmente é realizada quando o tema em questão ainda é pouco explorado; e, portanto, busca-se apresentar uma visão geral de um fato, com o objetivo de esclarecer conceitos. Além disso, a presente pesquisa tem metodologia de natureza qualitativa, e segundo Fonseca (2002, p. 20) esse tipo de pesquisa “[...] se preocupa com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais”.

Nesse sentido, logo após a realização de dois experimentos, os participantes receberam um questionário com perguntas de caráter investigativo, as respostas dos participantes foram interpretadas por meio de uma análise microgenética. Segundo Wagoner e Jensen (2014) esse tipo de análise permite explorar o que foi construído e reconstruído durante a aprendizagem, possibilitando a obtenção de detalhes das mudanças intra-individuais em casos únicos ao longo do tempo. Portanto, esse tipo de análise foi escolhido com a finalidade de compreender o trajeto de aprendizagem de cada estudante em relação às Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo.

4.1 PARTICIPANTES E CAMPO DA PESQUISA

A pesquisa contou com dois participantes, que trabalharam a todo momento em dupla. Como critério de seleção, aceitamos estudantes que estavam cursando a disciplina de Introdução à Química do curso de Química-licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco - Campus do Agreste. Pois, para analisar a trajetória de aprendizagem dos estudantes em relação às Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo foi preferível que os estudantes não tivessem estudado esse conteúdo na graduação. Tratando-se da primeira disciplina de Química do curso, consideramos possível que os estudantes estivessem no início do processo de construção de significados sobre o conteúdo. A participação dos estudantes se deu de forma voluntária, mediante explicação da atividade experimental. É importante destacar

que um formulário foi disponibilizado para que os participantes pudessem declarar que concordavam com a pesquisa e coleta de dados. Neste trabalho, o anonimato dos participantes foi mantido, e utilizamos os pseudônimos Letícia e Wilson.

4.2 COLETA DE DADOS

Os estudantes envolvidos na pesquisa participaram de uma aula experimental abordando as forças intermoleculares Íon-dipolo e Ligação de Hidrogênio, utilizando dois experimentos como mediadores, isto é, como o meio que possibilitou a discussão que envolve o conteúdo das forças intermoleculares. A aula foi dividida nas seguintes etapas:

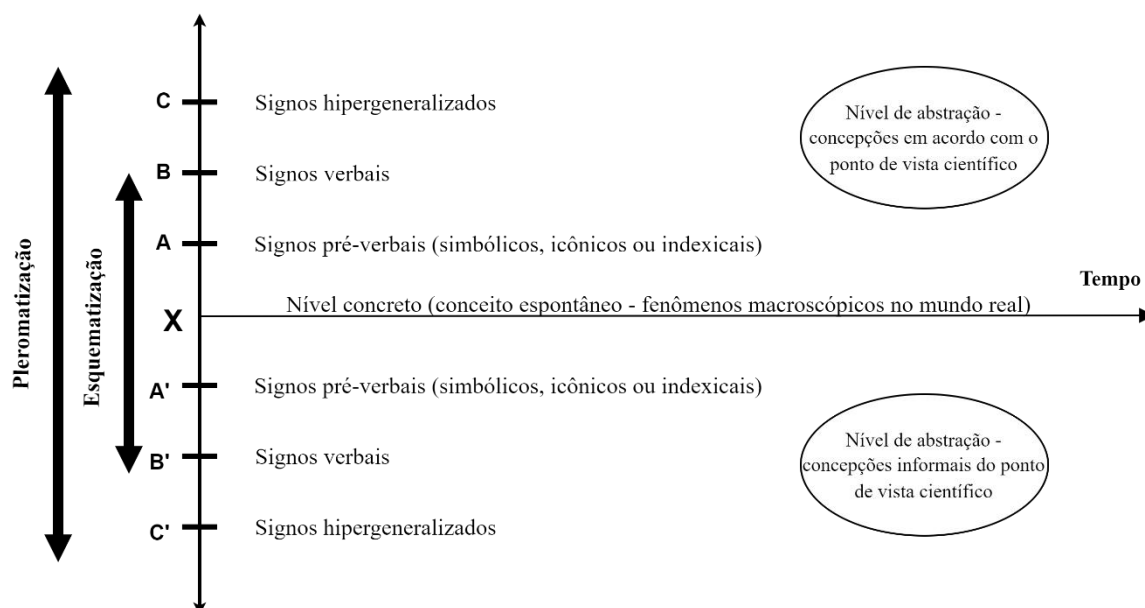
- 1) Realização do experimento (roteiro no Apêndice A);
- 2) Discussão e resolução das questões (questionário no Apêndice B).

Os dados foram coletados a partir do registro em áudio e vídeo e posterior transcrição. Isso possibilitou uma discussão mediada pelas perguntas de caráter investigativo sobre o experimento e o registro de expressões e gesticulações dos participantes. Vale ressaltar que, durante a discussão sobre os experimentos, não houve intervenção direta da pesquisadora, para que os estudantes pudessem explorar os conceitos e ideias por conta própria, a partir do diálogo construído entre eles.

4.3 ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados na intervenção foram analisados a partir do uso da ferramenta analítica qualitativa MTA (Figura 10), que segundo Silva (2023) possibilita que uma análise microgenética do diálogo dos participantes seja realizada. A análise microgenética diz respeito a identificação de momentos em que novos significados são construídos no aqui-e-agora durante uma interação discursiva.

Figura 10 - Ferramenta analítica para investigar o nível de abstração de conceitos científicos



Fonte: Adaptado de Silva (2023, p. 115).

A ferramenta analítica MTA apresentada na Figura 10, tem “o objetivo de analisar a trajetória de aprendizagem em direção ao futuro, como um processo dependente do tempo” (SILVA, 2023, p. 108, tradução nossa). Nesse sentido, a trajetória de aprendizagem das Forças Intermoleculares Íon-dipolo e Ligação de Hidrogênio será analisada cronologicamente, o que torna possível dentro de uma mesma análise a mudança de concepção sobre os conceitos. Além disso, de acordo com Silva (2023) o uso da ferramenta torna possível a observação da transição entre conceitos científicos e cotidianos; assim, por meio das enunciações das ideias dos estudantes é possível realizar a classificação do nível de abstração, que será mediado através da esquematização e pleromatização.

O MTA divide o nível de abstração em duas partes: (A, B e C) e (A', B' e C'), como explicado por Silva (2023, p. 115, tradução nossa):

A primeira (A, B e C) está relacionada à abstração do conceito em direção ao que é aceito do ponto de vista científico; a segunda (A', B' e C') está relacionada à abstração do conceito em direção para o que está incorreto quando comparado com o ponto de vista científico, concepções informais relacionadas a conceitos científicos ou equívocos.

A abstração dos conceitos construídos pelos estudantes relacionados às Ligações de Hidrogênios e Interações Íon-dipolo foram classificados de acordo com essas duas partes que compõem o MTA, classificando assim as externalizações em concepções em acordo com o

ponto de vista científico ou em concepções informais do ponto de vista científico. Além disso, as mediações semióticas — esquematização e pleromatização — também representadas na Figura 10, permeiam as duas partes do MTA, como pode ser observado. Assim, essas duas mediações semióticas variam entre diferentes níveis de abstração, e cada um desses níveis tem um significado específico. De acordo com Silva (2023, p. 116, tradução nossa) esses níveis são divididos da seguinte forma:

A-A': primeiro nível - uso de signos concretos para representar uma ideia (isto é, a substância da água representada por uma imagem icônica de um copo com pequenas moléculas); B-B': segundo nível - uso da linguagem para representar uma ideia (isto é, explicação verbal sobre a diferença entre substâncias simples e compostas); C-C': terceiro nível - os alunos são capazes de resolver um problema científico, mas não são capazes de verbalizá-lo através de signos generalizados e explicar como o problema foi resolvido ou justificar suas respostas. Além disso, os alunos podem ter um "sentimento" que os guia na direção de uma definição relacionada ao assunto científico.

Ou seja, através das externalizações dos estudantes, os tipos de signos foram identificados seguindo essa classificação proposta pelo autor do MTA. A esquematização varia de B a B' enquanto que a pleromatização permeia mais níveis, pois varia de C a C' (SILVA, 2023). Nesse sentido, as concepções sobre Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo poderão ser classificadas segundo Silva (2023) entre B e B', no que diz respeito a esquematização, caso expressem signos cuja complexidade seja reduzida; no caso de as concepções apresentarem signos hipergeneralizados, poderão ser classificadas entre C e C', no que diz respeito a pleromatização.

Em adição, Silva (2023) explica que caso o aluno busque estabelecer relações entre conceitos científicos e cotidianos a partir de fenômenos macroscópicos, ele estará transitando no eixo X, que também pode ser observado na Figura 10. Assim, caso o estudante explique um conceito científico exemplificando um fenômeno macroscópico de seu conhecimento, suas ideias serão classificadas no eixo X. Segundo Silva (2023) essa classificação foi fundamentada na ideia de conceitos científicos e cotidianos de Vygotsky.

A partir do uso da ferramenta, foi possível identificar diferentes trajetórias de construção de aprendizagem percorrida pelos participantes, tendo em vista que cada pessoa tem a própria forma de construção de significados, pois esse processo é influenciado por fatores do mundo interno e externo (VALSINER, 2012). Nesse sentido, é possível que diferentes trajetórias de aprendizagens sejam seguidas a partir das mesmas perguntas investigativas. Também será possível reconhecer a presença de elementos afetivos e cognitivos durante a discussão dos experimentos sobre Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo. A identificação desses

elementos foi realizada a partir da análise da enunciação das ideias dos participantes, classificando-as nas noções de esquematização ou pleromatização de Valsiner (2006; 2012). Essa classificação depende da natureza dos signos utilizados e de como os participantes interagem com eles.

Além disso, analisamos as externalizações dos participantes classificando-as nos signos simbólicos: pontos e campos, a partir das ideias de Valsiner (2012). Foi possível identificar a presença do signo do tipo ponto na resposta dos participantes a partir da externalização de ideias mais generalizadas ou resumidas para explicar fenômenos e conceitos; foi possível identificar o signo do tipo campo nas respostas dos estudantes a partir da expressão de ideias com significados complexos, sendo uma expansão do signo tipo ponto.

De forma a atingir os objetivos aqui delineados, a análise teve foco na discussão dos estudantes sobre as perguntas propostas após a realização da atividade experimental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção encontram-se descritos os resultados e discussão dos dados da presente pesquisa. De forma geral, durante a realização da intervenção foi perceptível que por se tratar da primeira atividade experimental dos participantes, enquanto estudantes de graduação, eles estavam bastante curiosos a respeito do que estava prestes a acontecer. Assim, percebemos que os participantes apresentavam um certo nível de motivação o que contribuiu bastante para a colaboração na aula. Essa motivação auxiliou no engajamento dos estudantes no desenvolver da atividade experimental (as imagens dos experimentos realizados encontram-se no Apêndice D), facilitando a coleta de dados por meio de uma participação ativa na discussão das questões colocadas.

5.1 ANÁLISE DA DISCUSSÃO DESENVOLVIDA DURANTE A AULA EXPERIMENTAL

Os participantes receberam uma folha com algumas perguntas sobre as quais deveriam discutir e chegar a uma resposta para cada questionamento. A partir de algumas das respostas dadas pelos participantes, a análise utilizando a ferramenta analítica MTA foi realizada. Como explicado na seção 4.3 e como pode ser observado na Figura 10, os participantes poderiam transitar entre diferentes níveis de abstração na tentativa de explicar o que ocorreu nos experimentos. Assim, a partir dos diálogos gerados por meio de questionamentos sobre os experimentos realizados, as concepções dos participantes foram classificadas em diferentes níveis de abstração.

A pergunta “Por que após a adição do sal NaCl no experimento I a mistura foi separada? Justifique do ponto de vista da química” deu origem ao diálogo do Quadro 1.

Quadro 1 – Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 1

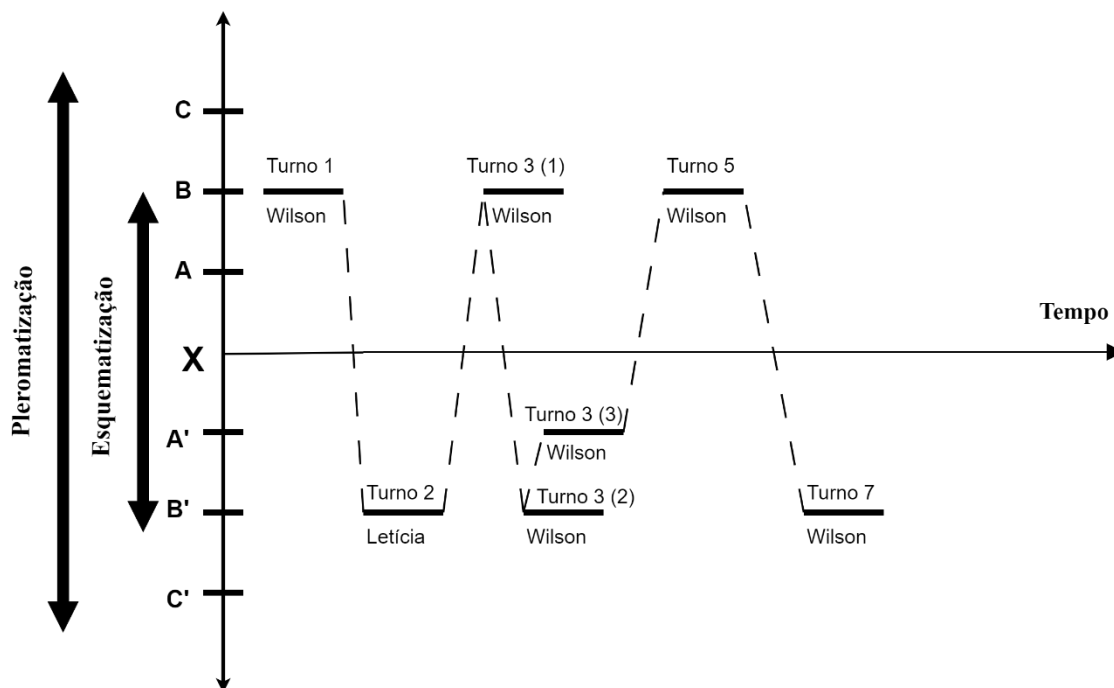
TURNO	NOME	DIÁLOGO	Mediação (nível de abstração)	Comentários
1	Wilson	É como a gente falou, lá que é ... (olha para experimento) foi separada porque o sal se dissolveu melhor na água. E, a acetona tem uma certa dificuldade pra ... ser dissolvida no... (movimento brusco de afirmação com a cabeça) o sal ser dissolvido nela.	Esquematização - B	Wilson inicia a frase lembrando algo que já havia sido externalizado por ele enquanto levantava hipóteses durante a realização dos experimentos, e, portanto, ele utiliza a linguagem verbal para explicar o que pensou.
2	Letícia	Não só que no caso o sal ele não se dissolveu ali (faz gesto negativo com a cabeça e indica o experimento 1 movimentando as sobrancelhas).	Esquematização - B'	Letícia discorda de sua dupla afirmando que o sal não foi dissolvido no Experimento I, ela foi capaz de verbalizar o que pensou, mas realiza uma conclusão em desacordo com o que ocorreu no experimento.
3	Wilson	Mas, ele não se, não se diss... não se dissolveu por completo (1), mas a água ela absorveu sim (realiza movimento fechando a mão (3)) uma uma quantidade de sal (2).	Esquematização – B (1) Esquematização - B' (2) Esquematização – A' (3)	Wilson inicia a explicação enfatizando que o sal foi dissolvido, mas não por completo. Entretanto, ele usa o termo “absorver” na tentativa de explicar que a água dissolveu uma parte do sal. Assim, ele inicia sua explicação verbalizando um conceito científico (B) e transita para a categoria (B') verbalizando uma concepção informal acerca de um conceito científico. A resposta do participante ainda pode ser classificada no nível A' pois ele utiliza a linguagem corporal para representar a “absorção do sal”, dando ênfase à concepção informal expressa por ele anteriormente.

4	Letícia	(Silêncio – Movimenta a cabeça em negação de forma pensativa).	Pleromatização	Nesse momento Letícia considera o que sua dupla diz, mas não concorda, fazendo um gesto de negação com a cabeça. Porém ela não consegue expressar o que está pensando, e, portanto, a mediação semiótica pleromatização foi predominante.
5	Wilson	Se for olhar, se for pegar ali (aponta para experimento I) a gente colocou bastante sal, pra a quantidade que tá ali, de certa forma ela dissolveu.	Esquematização - B	Wilson explica porque ele pensa que parte do sal foi dissolvido, para isso ele utiliza a linguagem verbal.
6	Letícia	(Silêncio – Movimenta a cabeça de um lado para o outro de forma pensativa).	Pleromatização	Letícia parece começar a concordar com o que está ouvindo, mas não é capaz de dizer algo, apenas movimenta a cabeça, e, portanto, trata-se de uma pleromatização.
7	Wilson	É porque ali ficou uma uma mistura concentrada. Aí não se dissolve mais, só com a elevação da temperatura.	Esquematização - B'	Wilson provavelmente gostaria de mencionar uma “mistura saturada com corpo de fundo”, em vez disso ele menciona “mistura concentrada”. Apesar de apresentar uma concepção informal acerca de um conceito científico, Wilson conseguiu explicar o seu pensamento através da linguagem verbal.

Fonte: Elaboração própria.

A partir da classificação do diálogo, a trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson para a pergunta 1 foi traçada e pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 1



Fonte: Elaboração própria.

No turno 1 Wilson inicia sua explicação para a primeira pergunta retomando algo que foi conversado entre eles anteriormente, uma vez que durante a realização dos experimentos eles levantaram hipóteses. Vale destacar que os turnos 4 e 6 não aparecem no gráfico pois na ferramenta MTA é possível classificar o nível de abstração entre concepções em acordo com conceitos científico e concepções informais acerca de conceitos científicos como pode ser observado na Figura 10.

Assim, nos turnos 4 e 6, que podem ser observados no Quadro 1, a mediação semiótica que ocorre é a pleromatização. Porém, não é possível classificar o que ocorreu nesses momentos em concepção formal ou informal acerca de conceitos científicos. Isso ocorre, pois a participante não é capaz, nesses momentos, de externalizar o que pensou, devido aos elementos afetivos que permeavam sua mente, e assim ela não conseguiu explicar ou justificar suas concepções. No entanto, é perceptível que, através dos signos pré-verbais expressos por Letícia, ela apresenta dúvidas em relação às explicações dadas por sua dupla. Assim, segundo as ideias de Valsiner (2007; 2012) é possível afirmar que a participante experienciou um estado de supergeneralização devido aos signos do tipo campo, e, portanto, não foi capaz de expressar em palavras o que gostaria de externalizar devido aos significados desses signos complexos.

Observando a trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson na Figura 11, é possível também notar que os participantes transitaram entre concepções formais (A, B, C) e informais

(A', B', C') acerca de conceitos científicos na tentativa de chegar a uma resposta correta para a pergunta. A trajetória de aprendizagem (Figura 11) e o Quadro 1 mostram que os participantes transitaram entre os níveis B, B' e A' em relação à esquematização. Isso significa que na maior parte do diálogo as ideias dos participantes tiveram seus significados resumidos, tornando possível a externalização através da esquematização, principalmente através da linguagem verbal, que pode ser caracterizado como uma externalização através de signos do tipo ponto.

Além disso, no turno 3 o participante Wilson utiliza a linguagem corporal para contribuir para a explicação, nesse caso temos uma esquematização através de signos pré-verbais, que foi classificada como A' por enfatizar uma concepção incorreta a respeito do que ocorreu no experimento. Os signos pré-verbais utilizados por Wilson podem ser classificados como signos do tipo ponto, pois apresentam ideias resumidas para representar um fenômeno complexo, ou seja, segundo as ideias de Valsiner (2007; 2012) um signo do tipo ponto trata-se de um “campo mínimo”, isto é, um signo complexo que sofreu uma redução de significado. Vale ressaltar que a frase que Wilson procurava era dissolução do sal na água, no início do turno 3 e nos turnos 1, 5 e 7 ele é capaz de utilizar o conceito dissolver.

Destacamos ainda, que elementos afetivos também foram identificados ao longo do diálogo, ou seja, foi possível identificar momentos em que a linguagem verbal não foi suficiente para realizar explicações. Como por exemplo nos turnos 4 e 6 apresentados como pleromatização no Quadro 1, em que Letícia expressa o sentimento de dúvida em relação às explicações dadas por sua dupla. Nesses momentos a participante não foi capaz de expressar através de um esquema o que pensou, pois provavelmente houve uma combinação de signos complexos atuando em sua mente. Dessa forma, os gestos realizados pela participante podem ser classificados como signos do tipo campo, pois segundo Valsiner (2012) esses signos apresentam significados complexos, por consequência não é possível explicá-los através da linguagem verbal, e a essência do signo é preservada.

No que diz respeito às forças intermoleculares, é válido destacar que no turno 1, Wilson afirma com suas palavras que o sal foi dissolvido na água, mas que a acetona tem uma “certa dificuldade” de dissolver o sal. Ou seja, mesmo sem ter tido contato com o conteúdo em questão no ensino superior, através da realização dos experimentos e da observação do que ocorreu neles, Wilson traz para o diálogo informações importantes para a construção de significados sobre as forças intermoleculares trabalhadas nesses experimentos. Uma vez que o fato de o sal ser dissolvido na água e não na acetona diz respeito a capacidade de interação que esse composto iônico apresenta com a água, isto é, os íons do Cloreto de Sódio (NaCl) interagem com as moléculas de água devido à polaridade da água e à polaridade dos íons do

sal, como foi apresentado na fundamentação do presente trabalho de acordo com os referenciais Brown (2005) e Tro (2017). Além disso, segundo Satish e Ashwini (2017), o sal é dissolvido na água pois a interação íon-dipolo entre soluto-solvente é forte o suficiente para quebrar a estrutura cristalina do Cloreto de Sódio (NaCl). De modo contrário, o composto iônico (NaCl) e a acetona não interagem da mesma forma, apesar de ambos serem polares. Isso ocorre porque a interação solvente-soluto, nesse caso, é mais fraca do que a interação solvente-solvente e soluto-soluto, fazendo com que apenas uma pequena quantidade de soluto seja dissolvida (SATISH e ASWINI, 2017). Assim, a estrutura cristalina do sal não é quebrada e o Cloreto de sódio não é dissolvido na acetona.

Seguindo os questionamentos, a pergunta “Em algum momento no experimento I a acetona e a água se misturam? No experimento II o mesmo ocorre com a acetona e a solução de NaCl? Pense nas duas situações e justifique cada uma do ponto de vista da química” deu origem ao diálogo do Quadro 2.

Quadro 2 – Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 2

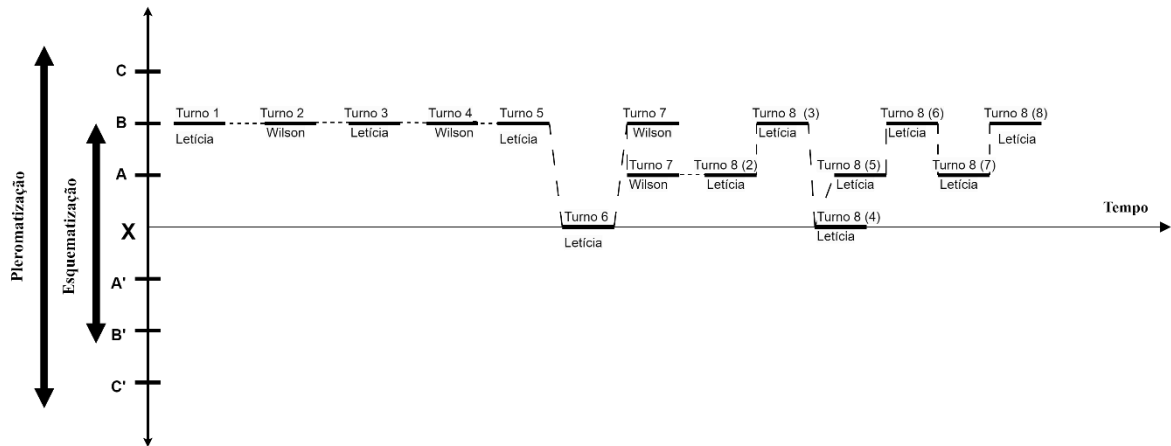
TURNO	NOME	DIÁLOGO	MEDIAÇÃO (NÍVEL DE ABSTRAÇÃO)	COMENTÁRIOS
1	Letícia	Se misturaram (franzindo a testa).	Esquematização - B	Letícia pensa rapidamente e verbaliza sua conclusão.
2	Wilson	Se misturaram, no experimento I se misturou.	Esquematização - B	Wilson concorda com Letícia, externalizando sua opinião através da linguagem verbal.
3	Letícia	No dois também. Enquanto eles estão em movimento eles se misturam, eles só não se misturam a partir do momento que eles ficam parados.	Esquematização - B	Compartilha suas ideias através da linguagem verbal.
4	Wilson	É... (afirma que sim com a cabeça de forma pensativa) quando tão em repouso né?	Pleromatização Esquematização - B	Nesse momento Wilson busca compreender o que sua dupla está falando, ele entra em um estado reflexivo, e logo em seguida direciona uma pergunta para Letícia e continua pensativo por alguns segundos. Ou seja, houve uma combinação de elementos afetivos e cognitivos, mas como Wilson conseguiu realizar externalizações esquematizadas tanto por signos pré-verbais quanto por signos verbais, a mediação semiótica predominante foi a esquematização.
5	Letícia	Quando tão em repouso eles não se misturam. É como se o movimento influenciasse eles a se misturar, é como se fosse... (olha para cima de forma pensativa tentando completar a frase).	Esquematização - B Pleromatização	Letícia busca explicar o experimento através da linguagem verbal, depois tenta lembrar de algo, o que torna perceptível que a mediação que começa a ocorrer é a pleromatização.

6	Letícia	Essa mistura é realmente como se fosse... Essa mistura é realmente como se fosse água e óleo. É... tu vê que a água e óleo enquanto eles estão em movimento eles meio que ficam juntos. Do mesmo jeito é essas duas misturas.	Esquematização - X	Nessa parte do diálogo Letícia busca um exemplo em sua vida cotidiana (fenômenos macroscópicos) para explicar o que observou no experimento II, e, portanto, esse trecho é classificado como uma esquematização que ocorre no nível concreto.
7	Wilson	É... e tipo eles não se misturam, porém eles ficam em pequenas partículas, uma perto da outra (usa as mãos para exemplificar pequenas partículas).	Esquematização - B Esquematização - A	Nessa etapa do diálogo Wilson é capaz de fazer esquematizações através da linguagem verbal e através de signos pré-verbais.
8	Letícia	Eles não se misturam (realiza movimento com as mãos para representar a mistura (2)) mas... (1) é, eles não se misturam mas ficam juntos (3). Eles não ficam tipo "ah" a água em cima e o óleo embaixo enquanto eles estão em movimento (4) (faz gesto com as duas mãos para exemplificar essa separação (5)). Mas a partir do momento que você põe... Deixa eles em repouso, ele se... (6) (usa as mãos para representar separação (7)) é o mesmo caso aqui (8).	Pleromatização (1) Esquematização - A (2) Esquematização - B (3) Esquematização - X (4) Esquematização - A (5) Esquematização - B (6) Esquematização - A (7) Esquematização - B (8)	Letícia tenta lembrar sobre o exemplo do cotidiano que trouxe, nesse momento através da sala pausada é perceptível que o nível de abstração é a pleromatização. Em seguida ela desceu para a esquematização no nível A dos signos pré-verbais para representar a palavra mistura com as mãos. Depois disso ela é capaz de explicar através da linguagem verbal. Ao trazer um exemplo do seu cotidiano Letícia desce para o nível concreto X e também utiliza signos pré-verbais para auxiliar na explicação. Por fim, Letícia transita entre esquematizações através da linguagem verbal e através de signos pré-verbais para justificar sua explicação.

Fonte: Elaboração própria.

A partir das classificações realizadas no Quadro 2 a trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson para a pergunta 2 foi traçada e pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 – Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 2



Fonte: Elaboração própria.

Nessa trajetória de aprendizagem (Figura 12) os participantes transitaram entre conceitos formais (A, B, C) e cotidianos (X). Na maior parte do tempo os participantes conseguiram expressar suas ideias através da esquematização por meio de signos verbais e pré-verbais. No entanto, a partir do turno 4 é perceptível que o participante Wilson inicia um movimento reflexivo que indica que a mediação semiótica que está ocorrendo é a pleromatização; assim como no fim do turno 5 e no início do turno 8 Letícia também experiencia um sentimento que a impede de realizar explicações da forma que gostaria, como pode ser observado no Quadro 2. É possível afirmar, segundo a classificação de Valsiner (2012), que nesses momentos os estudantes não conseguem externalizar os seus pensamentos através da linguagem verbal. Assim, eles tentaram expressar signos do tipo campo, que são signos ricos em significados (hipergeneralizados), através de movimentos com as mãos ou expressão de olhares “vazios” que indicam movimentos de reflexão e representam elementos semióticos afetivos.

Além disso, entre os turnos 6 e 8 como pode ser observado na trajetória de aprendizagem da Figura 12, temos diferentes formas de esquematizações, pois nesses turnos Letícia busca um exemplo do cotidiano para conseguir explicar o que ocorreu no experimento. Segundo Silva (2023) na tentativa de explicar um conceito científico o estudante pode exemplificar um fenômeno macroscópico de seu conhecimento. Assim, o fenômeno macroscópico escolhido por Letícia foi a mistura entre água e óleo, e por isso a dupla iniciou

uma discussão a respeito da comparação estabelecida entre os experimentos e a mistura de água e óleo.

Nesse sentido, levando em consideração o conteúdo em questão e a comparação estabelecida pelos participantes é importante distinguir que em uma mistura entre água e óleo temos um solvente polar (água) e um composto apolar (óleo). No caso do experimento, temos a solução de Cloreto de Sódio (NaCl) que é polar, e a acetona que é um solvente orgânico polar, porém, a acetona tem uma polaridade menor que a da água e não é um bom solvente para o Cloreto de Sódio (NaCl). Assim, apesar de visualmente serem misturas parecidas, como foi externalizado pelos estudantes, as explicações por trás das separações das misturas são diferentes, mas ambas estão relacionadas à polaridade e às forças intermoleculares.

No caso da mistura entre a água e o óleo, a separação em duas fases ocorre após o interrompimento da agitação, pois as moléculas de água tendem a se unir com outras moléculas de água através das Ligações de Hidrogênio; e o óleo interage entre si a partir da interação intermolecular dispersão de London. Assim, segundo Tro (2017), devido ao fato das moléculas que constituem o óleo serem apolares e não serem atraídas pelas moléculas de água, que são polares, água e óleo são líquidos imiscíveis.

No que diz respeito ao experimento, também há a atuação de forças intermoleculares. Segundo Kuntzleman (2016), no experimento I por exemplo, inicialmente as moléculas de acetona e a água são atraídas através da interação Ligação de Hidrogênio, o que permite uma mistura homogênea. Entretanto, após a adição do sal Cloreto de Sódio (NaCl) à mistura, os íons do sal foram dissolvidos na água através da força intermolecular Íon-dipolo, para esse caso essa Interação foi mais forte do que a Ligação de Hidrogênio, resultando na separação da mistura em fases (KUNTZLEMAN, 2016). Vale ressaltar que a força intermolecular dipolo-dipolo também ocorre entre as moléculas de água e acetona, uma vez que esse tipo de interação ocorre entre moléculas polares (BROWN, 2005). Isto é, a força intermolecular íon-dipolo também foi mais forte, nesse caso, que a força dipolo-dipolo.

No caso do experimento II o Cloreto de Sódio (NaCl) estava presente desde o início, mas em uma quantidade menor que no experimento I. Assim, ao agitar o experimento como citado pelos estudantes nos turnos 3, 4 e 5, a solução de Cloreto de Sódio (NaCl) e a acetona misturavam-se rapidamente, mas ao deixar a proveta em repouso as fases acetona e a solução de Cloreto de Sódio (NaCl) se separavam devido às forças Íon-dipolo serem mais intensas entre a água e o Cloreto de Sódio (NaCl). Nesse sentido, a comparação funcionou para os estudantes à nível visual, mas as razões pelas quais as misturas se separam são diferentes.

Além disso, nos turnos 7 e 8 signos pré-verbais foram utilizados pelos estudantes para externalizar suas explicações. Assim, no turno 7 os gestos realizados por Wilson para representar partículas, podem ser classificados de acordo com as categorias de Valsiner (2012) como signos do tipo ponto, pois seus gestos representam uma ideia com significado reduzido. No turno 8 Letícia também utiliza signos pré-verbais, ela realiza gestos para representar a mistura e separação dos experimentos. Isto é, os signos pré-verbais foram utilizados para complementar a explicação, ou quando não foi possível explicar a resposta através da linguagem verbal. Os gestos realizados por Letícia também são signos do tipo ponto.

Na sequência, a pergunta “Ocorreu algum tipo de interação nos experimentos? Por que você acha isso?” deu origem a um curto diálogo que pode ser observado no Quadro 3.

Quadro 3 – Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 3

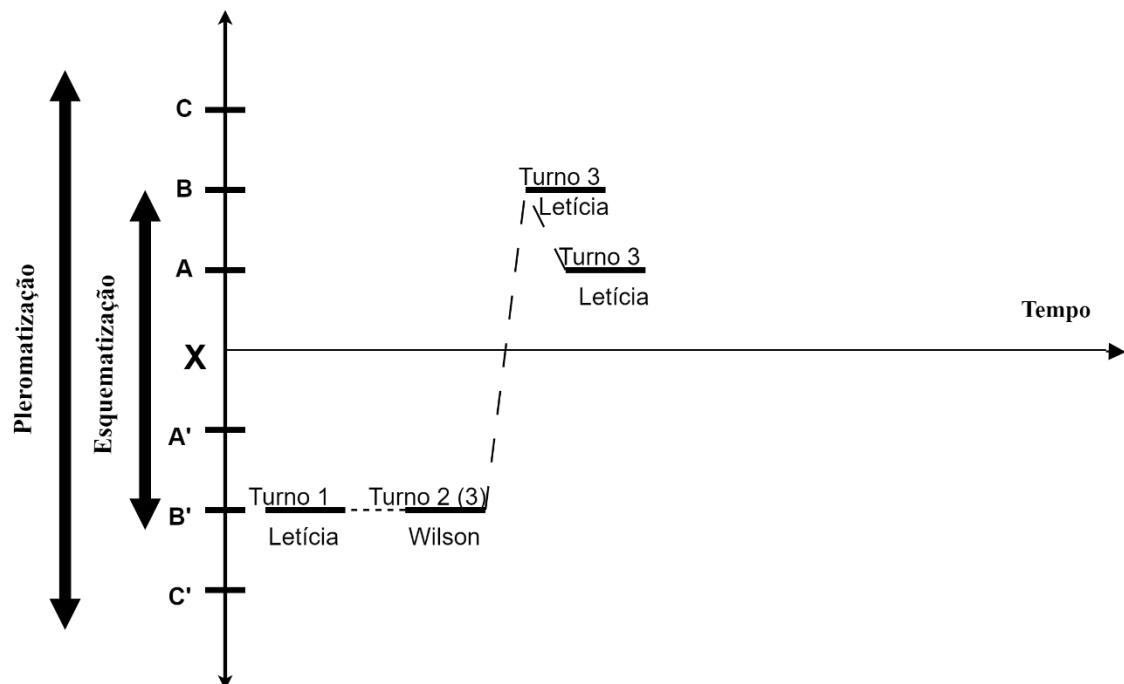
TURNO	NOME	DIÁLOGO	MEDIAÇÃO (NÍVEL DE ABSTRAÇÃO)	COMENTÁRIOS
1	Letícia	Sim. A questão da mistura de cores. Né?	Esquematização - B'	As cores foram utilizadas para ajudar na visualização do experimento, nessa parte do diálogo Letícia atribui à mistura de cores as interações, e por isso é classificado como uma concepção informal do ponto de vista científico.
2	Wilson	Sim, porque você acha isso? (1) Porque... ao observar as cores, elas alteram... (inaudível) (2). Quando a gente mistura, o... o rosa com o azul, fica uma reação o quê? fica roxo. Aí realmente mistura (3). (Wilson fala pausadamente enquanto observa o experimento e no fim da frase olha para sua dupla).	Esquematização (1) Pleromatização (2) Esquematização - B' (3)	Wilson faz uma pergunta para sua dupla e depois é possível observar um movimento pleromático pois ele começa a pensar em uma possível resposta para sua própria pergunta, além de falar pausadamente. Em seguida a classificação é B' pois ele atribui a ocorrência de interação apenas às cores, ou seja, ele não considera todos os componentes da mistura. Além disso, é importante ressaltar que Wilson acredita que ocorreu uma reação química nesse momento, o que contribui para a classificação (B').

3	Letícia	Então, exatamente. É como se exatamente o que a gente tava conversando agora. Como se quando eles estão em movimento, só quando eles estão em movimento, eles estão misturados. Mas a partir do momento que ele está em repouso, ele se separa exatamente do caso ali ó (aponta para experimento I), azul com amarelo eles estão separados, mas se a gente balançar (realiza movimento com as mãos para representar agitação), ele vai ficar verde.	Esquematização – B Esquematização – A	Letícia foi capaz de explicar tanto usando a linguagem verbal quanto pré-verbal. Quando ela realiza o movimento de agitação com as mãos, provavelmente ela lembrou do movimento que realizou com o tubo de ensaio durante a realização do experimento.
---	---------	---	--	--

Fonte: Elaboração própria.

A partir das classificações realizadas no Quadro 3 a trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson para a pergunta 3 foi traçada e pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 3



Fonte: Elaboração própria.

A partir no diálogo retratado no Quadro 3 a trajetória de aprendizagem (Figura 13) foi traçada. Nela, os participantes transitaram entre conceitos formais e informais acerca de conceitos científicos, por meio das mediações semióticas esquematização e pleromatização. No turno 1 Letícia afirma por meio da esquematização através de signos verbais (B'), que a interação presente no experimento foi oriunda da mistura de cores, não reflete, no entanto, a respeito dos outros componentes da mistura que estão sendo representados por essas cores citadas por ela.

No turno 2, Wilson faz a mesma associação que sua dupla, porém nesse momento Wilson alterna entre elementos cognitivos e afetivos, pois ele direciona uma pergunta para sua dupla, e em seguida olha fixamente para o experimento e tenta responder à própria pergunta pausadamente. Assim, o movimento reflexivo iniciado por Wilson no turno 2 remete a um sentimento de dúvida e também torna perceptível que ele tentou lembrar do experimento para elaborar uma resposta. Vale salientar que nesse turno, no que diz respeito à pleromatização, segundo as ideias de Valsiner (2012) Wilson expressa signos do tipo campo, pois são signos supergeneralizados, e, portanto, difíceis de serem expressados.

É importante destacar que o turno 2 traz informações de como os seres são influenciados pelo “meio”, não numa perspectiva comportamentalista, mas a partir das interações sociais. Como explicado por Valsiner (2012), as experiências imediatas são capazes de influenciar o subjetivo dos seres humanos, e essas experiências são culturais. Ou seja, nesse momento Wilson internaliza a resposta dada por sua dupla, e adiciona mais signos para complementar a resposta; sendo possível afirmar que os participantes se influenciam mutuamente a partir das trocas realizadas. Nesse sentido, o diálogo entre a dupla é essencial para a construção de significados e, conseqüentemente, para o surgimento “do novo”, isto é, para a aprendizagem de novos conceitos.

Ainda no turno 2 é válido chamar atenção que Wilson acredita que ocorreu uma reação no momento em que as cores se misturam, o que é esperado, visto que no primeiro período da graduação eles ainda não entraram em contato com o conteúdo Forças Intermoleculares. Seguindo o diálogo, no turno 3 Letícia transita entre esquematização através de signos verbais (B) e pré-verbais (A) no nível de abstração em acordo com conceitos científicos. Pois Letícia foi capaz de externalizar o que percebeu durante a realização do experimento, repetindo uma ideia bem parecida com a que foi apresentada por ela no turno 3 do Quadro 2.

Além disso, enquanto Letícia realiza explicações verbais ela utiliza suas mãos para simular um tubo de ensaio sendo agitado, assim como foi realizado durante o experimento. Esses signos pré-verbais podem ser classificados de acordo com a classificação de Valsiner

(2012) como signos do tipo ponto, pois Letícia lembra da vidraria utilizada e do movimento realizado no experimento e traz para sua explicação de forma simplificada. Além disso, nos três turnos os estudantes expressaram signos do tipo ponto ao esquematizar suas ideias.

A pergunta “Em termos de interações entre moléculas, o que pode ter acontecido no experimento I antes e após a separação da mistura? E no experimento II? Justifique” deu origem ao diálogo que pode ser observado no Quadro 4.

Quadro 4 – Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 6

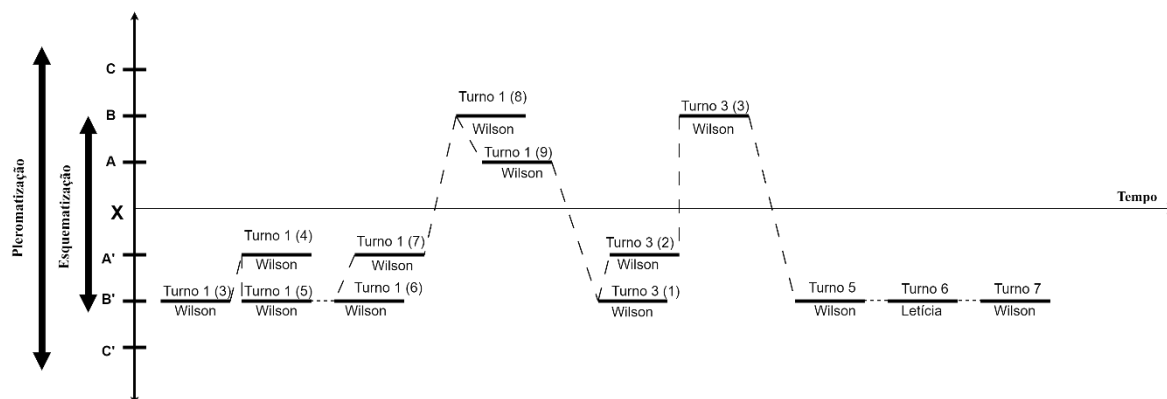
TURNO	NOME	DIÁLOGO	MEDIAÇÃO (NÍVEL DE ABSTRAÇÃO)	COMENTÁRIOS
1	Wilson	Em termos de interação entre moléculas o que pode ter acontecido no experimento... (repetindo baixinho uma parte da pergunta). Então, no experimento I a gente observa que, é... pela quantidade de sal, ser maior quando a gente... (1) (realiza gesto de agitação de um tubo de ensaio) (2) mistura, dá pra ver melhor as partículas, dá pra ver melhor as partículas (3) (realiza gesto movimentando as mãos para representar movimento das partículas citadas) (4) se batendo, se trombando (5). Já na no experimento dois não. No experimento dois, ele demora pra baixar (6) (realiza gesto com a mão de cima para baixo para representar movimento do experimento) (7); e ali não (apontando para o experimento I), ali é instantâneo. Você parou de mexer, já se separa (8) (realiza movimento com a mão para representar agitação e depois um movimento de baixo para cima com a mão para representar a separação) (9).	Esquematização (1) Esquematização (2) Esquematização - B' (3) Esquematização - A' (4) Esquematização - B' (5) Esquematização - B' (6) Esquematização - A' (7) Esquematização - B (8) Esquematização - A (9)	Wilson afirma que pela quantidade de sal ser maior no experimento I, isso tornou possível ver as partículas se batendo. Entretanto, o que Wilson observou no experimento foi a liberação de gases após a agitação do experimento, devido a diminuição da solubilidade dos gases na solução. Pois segundo Tro (2017) a maioria dos líquidos que são expostos ao ar têm gases dissolvidos neles. Portanto, essa parte do diálogo foi classificada em Esquematização - B'. Do mesmo modo, ele faz movimentos com as mãos para representar as partículas "se trombando", assim esse signo pré-verbal foi classificado como Esquematização - A'. Em seguida Wilson inicia uma comparação entre os experimentos I e II. Afirmando que no experimento II ele demora mais para "baixar", no entanto, a palavra que Wilson estava à procura era "separar". Portanto, trata-se de uma esquematização - B'. De mesmo modo o signo pré-verbal utilizado contribuiu para essa ideia. Por fim, o participante diz que no experimento I a separação é instantânea, por utilizar os termos formais tanto a esquematização verbal quanto pré-verbal foram classificadas em concepções em acordo com conceitos científicos.

2	Letícia	E aqui ele... (apontando para experimento II de forma pensativa).	-	Letícia tenta formular algo (ela está com uma expressão pensativa), mas não consegue finalizar pois sua dupla começa a falar.
3	Wilson	Aqui ele dá uma certa... No Experimento II ele dá uma certa demorada, ele vai descendo aos poucos (1) (realiza movimento com a mão para representar a separação que ocorreu no experimento II (2)). Eu acho que também pela quantidade de sal ser menor (3).	Esquematização - B' (1) Esquematização - A' (2) Esquematização - B (3)	Inicialmente temos uma Esquematização - B', pois Wilson se refere à velocidade de separação da mistura, mas não é capaz de usar esses termos; ele também se refere à separação da mistura como "descendo aos poucos". Logo em seguida ele realiza um gesto que confirma essa ideia. Por fim, Wilson associa a velocidade de separação à quantidade de sal, o que é correto.
4	Letícia	Aqui? (aponta para experimento II).	-	-
5	Wilson	Porque... Sim, (afirma também com a cabeça) porque é... é água com uma concentração de 17%.	Esquematização - B'	É uma solução de Cloreto de Sódio (NaCl) com concentração de 17%. Portanto a resposta se encaixa em uma esquematização com concepções informais acerca de conceitos científicos.
6	Letícia	Aqui já é... aqui já é água diluída. (Se referindo ao experimento II).	Esquematização - B'	O correto seria sal dissolvido na água, e, portanto, também se trata de uma concepção informal.
7	Wilson	é... Além de ser diluída, a porcentagem é menor é 17%. (Se referindo ao experimento II). Ali a gente colocou tipo uma super concentração de de de de sal. (Aponta para experimento I).	Esquematização - B' Esquematização	Apesar de ser possível entender o que o estudante quer expressar, ele utiliza termos informais acerca de conceitos científicos. Isso é perceptível quando ele afirma "além de ser diluída", pois concorda com sua dupla, reforçando a ideia exposta anteriormente.
8	Letícia	Colocou mesmo. (Afirma também com a cabeça).	-	-

Fonte: Elaboração própria.

A partir das informações expostas no Quadro 4 a trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson para a pergunta 6 foi traçada e pode ser observada na Figura 14.

Figura 14 – Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 6



Fonte: Elaboração própria.

Analisando a trajetória de aprendizagem da Figura 14 construída com base no Quadro 4, é possível observar que os estudantes transitaram entre concepções relacionadas com o ponto de vista científico e concepções informais do ponto de vista científico. As explicações para cada classificação estão descritas no Quadro 4 e também podem ser observadas na Figura 14, mas é importante evidenciar que para responder a essa pergunta o diálogo da dupla foi mediado apenas via esquematização. Isso significa que eles deram suas explicações através de signos com significados resumidos, que segundo a classificação de Valsiner (2012) podem ser categorizados como signos do tipo ponto.

No que diz respeito aos signos pré-verbais utilizados nesse diálogo, no turno 1 quatro classificações foram realizadas. Na primeira Wilson movimenta as mãos para representar a agitação de um tubo de ensaio; na segunda ele gesticula o movimento das partículas “se batendo”; na terceira ele representa a separação da mistura, mesmo que de modo informal; e na quarta ele representa a agitação seguida de separação da mistura.

No turno 3 Wilson destaca com suas palavras que o experimento II tem uma menor quantidade de sal em relação ao experimento I, e por isso ele externaliza que a mistura demora mais para separar, as classificações para esse momento podem ser observadas na Figura 14 e no Quadro 4. Assim, a conclusão que Wilson chega ao fim do turno 3 está correta, uma vez que ao adicionar sal à mistura ele será dissolvido na água e, portanto, os íons do Cloreto de Sódio (NaCl) vão interagir com as moléculas de água por meio das forças Íon-dipolo como foi explicado na sessão 3.4.1 da presente pesquisa através dos referenciais Brown (2005) e Tro (2017). Além disso, segundo Palei (2010), esse efeito é conhecido como “salting out”, que pode

ser explicado como um processo em que uma grande concentração de íons hidratados proporciona a diminuição da disponibilidade das moléculas de água para interagir com outros solventes. Assim, quanto maior for a quantidade de sal adicionada à mistura mais rápida será a separação dela, pois ocorre a diminuição da solubilidade da acetona em água devido ao efeito “salting out”.

Nos turnos 5, 6 e 7 é possível notar como a dupla se influenciou mutuamente através do diálogo estabelecido, pois por estarem em um processo de construção de uma explicação, eles utilizam os signos imediatos para construir suas respostas. Assim, no turno 5 Wilson cita a frase “água com concentração de 17%” em vez de “solução de Cloreto de Sódio 17%”. Esse momento guia o diálogo para concepções informações, uma vez que no turno 6 Letícia aponta para o experimento II e afirma “aqui já é água diluída” na tentativa de explicar que no experimento II o Cloreto de Sódio já estava dissolvido e que se tratava uma solução de concentração conhecida. Assim, no turno 7 Wilson concorda com a afirmação da sua dupla. Ou seja, ambos expressaram conceitos equivocados nesses turnos e por isso foram classificados como (B’).

A pergunta “O que ocorre de diferente nos experimentos I e II? Em algum momento ocorreu alguma interação semelhante nos dois experimentos do ponto de vista da química? Justifique.” deu origem ao diálogo que pode ser observado no Quadro 5.

Quadro 5 – Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 8

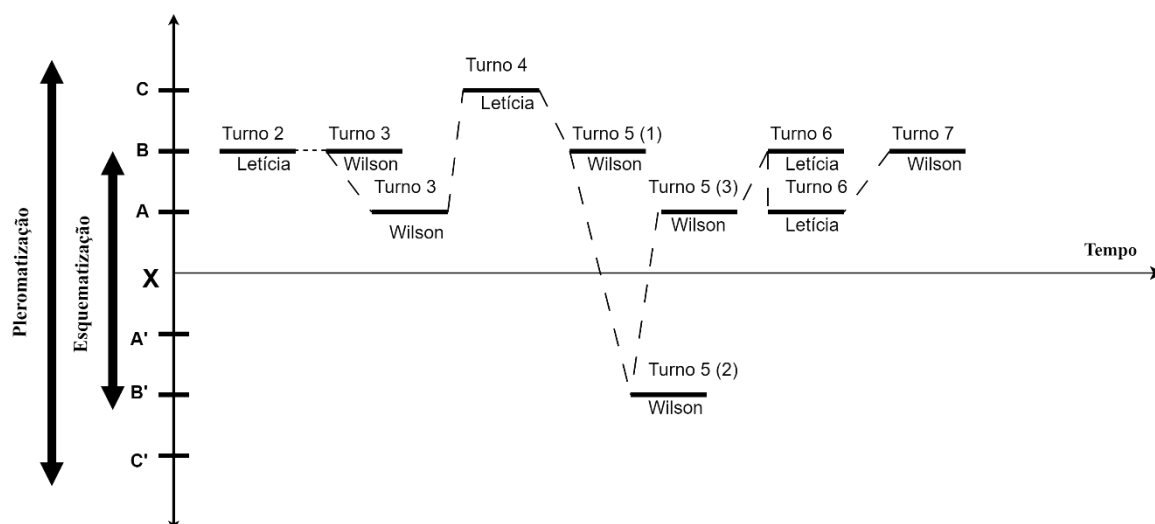
TURNO	NOME	DIÁLOGO	MEDIAÇÃO (NÍVEL DE ABSTRAÇÃO)	COMENTÁRIOS
1	Wilson	É... O que aconteceu de diferente, como a gente já citou... é... (fica pensativo em silêncio enquanto olha para os experimentos).	- Pleromatização	Inicialmente Wilson repete uma parte da pergunta, e depois ele para de falar com uma expressão pensativa enquanto observa os experimentos, iniciando uma reflexão mediada pela pleromatização.
2	Leticia	Que ali eles separam, ali no caso eles separam mais rápido, no exemplo 1.	Esquematização - B	Letícia é capaz de externalizar através da linguagem verbal qual separação ocorreu mais rápido.
3	Wilson	No exemplo um, eles se separam mais rápido, e ali é, é meio que instantâneo, e quando paro de mexer, ele já... (realiza movimento com as mãos para representar a agitação do tubo de ensaio e separação da mistura).	Esquematização - B Esquematização - A	Wilson inicia a explicação através da linguagem verbal, porém ao fim de sua explicação ele usa signos pré-verbais para completar sua frase.
4	Letícia	E aqui não (se referindo ao experimento II), aqui ainda tem a questão de... (fica pensativa em silêncio olhando para a dupla).	Pleromatização - C	Letícia não consegue verbalizar sua explicação.
5	Wilson	De esperar ele ele decantar (1), ele descer (2). (Realiza movimento com as mãos para representar o que houve no experimento (3)).	Esquematização - B (1) Esquematização - B' (2) Esquematização - A (3)	Wilson através da linguagem verbal usa os termos decantar, e em seguida usa descer ao invés de usar “separar”. Ele também utiliza signos pré-verbais para auxiliar sua explicação.

6	Letícia	Um ir pro lado e o outro pro outro. (Realiza movimento com a mão para cima e para baixo, exemplificando sua fala sobre separação enquanto olha para o experimento).	Esquematização - B Esquematização - A	Apesar de Letícia não utilizar o termo “separar” se referindo a mistura ela utiliza “um ir pro lado e outro pro outro” através de seu modo de explicar ela responde corretamente sobre o que ocorreu no experimento. Isso ocorreu tanto através de signos verbais (B) quanto através de signos pré-verbais (A).
7	Wilson	É, por conta da concentração, da concentração do cloreto. (Enquanto fala, faz movimentos afirmativos com a cabeça).	Esquematização - B	É possível compreender pelo contexto que Wilson afirma que a concentração do Cloreto de Sódio influencia na velocidade de separação dos dois experimentos. Ele é capaz de realizar esquematizações para expressar essa ideia, e, portanto, trata-se de uma esquematização através de signos verbais.

Fonte: Elaboração própria.

A partir das classificações realizadas no Quadro 5 a trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson para a pergunta 8 foi traçada e pode ser observada na Figura 15.

Figura 15 – Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 8



Fonte: Elaboração própria.

A partir da análise da trajetória de aprendizagem que pode ser observada na Figura 15, foi perceptível que os estudantes transitaram na maior parte do tempo por níveis de abstração em acordo com conceitos científicos; isso provavelmente ocorreu, pois, essa pergunta fez com

que a dupla unisse respostas que já haviam sido externalizadas por eles anteriormente. Nesse sentido, eles buscaram sistematizar tudo aquilo que haviam discutido antes, e por não serem “pensamentos novos” foi fácil transformá-los em concepções em acordo com conceitos científicos. Isto é, eles externalizaram na maior parte do tempo os signos do tipo ponto, que segundo Valsiner (2012) apresentam ideias resumidas para explicar conceitos ou fenômenos complexos, e esse signos foram mediados pela esquematização.

Porém, nos turnos 1 e 4 a mediação semiótica pleromatização foi predominante, o que significa que nesses momentos não foi possível esquematizar em palavras o que a dupla gostaria de expressar. Assim, no turno 1, como pode ser observado no Quadro 5, Wilson busca lembrar o que havia discutido anteriormente com sua dupla, como nesse momento vários pensamentos (signos) permearam sua mente, ele não foi capaz de finalizar a explicação através da linguagem verbal devido aos signos do tipo campo, que são capazes de despertar domínios afetivos. No turno 4 Letícia experiencia o mesmo sentimento ao buscar palavras para expressar os seus pensamentos e não conseguir, o que expressa que ela sentiu dificuldade em sintetizar tudo o que foi discutido. O turno 4 pode ser observado na Figura 15 pois apesar de Letícia não completar sua explicação é possível inferir que ela estava construindo conceitos corretos a partir do diálogo com sua dupla.

Nesse contexto, a mediação semiótica que guiou esses momentos foi a pleromatização, pois segundo Valsiner (2012) durante a pleromatização a linguagem verbal parece não ser suficiente para explicar a complexidade do pensamento. Mas é importante ressaltar que no turno 6 Letícia persiste e consegue transformar os signos pleromáticos (signos campo) do turno 4 em signos esquematizados (signos ponto) através da linguagem verbal e pré-verbal, e assim externalizar sua explicação.

No que diz respeito ao conteúdo, é válido ressaltar que assim como no diálogo do Quadro 4, Wilson destaca mais uma vez a relação entre a concentração do Cloreto de Sódio (NaCl) na mistura e a velocidade de separação das fases da mistura. Comparando esses dois momentos (turno 3 do Quadro 4 e turno 7 do Quadro 5) é notável que no último turno Wilson expressa sua resposta com mais confiança que antes, sendo perceptível que seus pensamentos sobre o conteúdo ficaram mais organizados, ou seja, foram transformados em esquemas.

A pergunta “Após a discussão e reflexões realizadas você conseguiu chegar em alguma conclusão a respeito do que ocorreu nos dois experimentos? Explique”, a qual foi o último questionamento, deu origem ao diálogo que pode ser observado no Quadro 6.

Quadro 6 – Diálogo de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 10

TURNO	NOME	DÍALOGO	MEDIAÇÃO (NÍVEL DE ABSTRAÇÃO)	COMENTÁRIOS
1	Letícia	Silêncio. (Olha fixamente para o experimento e depois para a dupla)	Pleromatização	Letícia não é capaz de verbalizar o que está pensando.
2	Wilson	Silêncio. (Olha para o experimento II de forma pensativa, e balança a cabeça de modo afirmativo enquanto faz uma expressão facial franzindo os lábios).	Pleromatização	Wilson não é capaz de verbalizar o que está pensando.
3	Letícia	Inaudível.	-	-
4	Wilson/Letícia	(Os dois riem).	-	-
5	Wilson	Mas vamos lá (retomando a questão), após a discussão realizada, você conseguiu chegar a alguma conclusão a respeito do que ocorreu nos dois experimentos? (repete a pergunta).	-	relendo a pergunta.
6	Wilson	É a conclusão, é o que a gente vem batendo na mesma tecla desde o início.	Esquematização	Wilson consegue através da linguagem verbal expor seu pensamento, porém não é possível classificar entre B ou B', apenas em esquematização.
7	Letícia	É... a questão da composição dos dois ali não se... misturam.	Pleromatização Esquematização - B	Letícia apresenta uma expressão pensativa antes de falar, depois ela é capaz de externalizar a explicação através da linguagem verbal.

8	Wilson	Não se misturar.	Esquematisação - B	Wilson é capaz de externalizar a explicação através da linguagem verbal.
9	Letícia	Tipo, a... a... a água... (fala bem pausadamente).	Pleromatização	Neste momento faltam palavras para Letícia conseguir construir sua explicação, através de sua expressão facial e de sua fala pausada é perceptível que a mediação ocorre via pleromatização, pois ela sente que sabe a explicação mas não é capaz de externalizar devido aos elementos afetivos que permeiam sua mente.

10	Wilson	A água com com maior concentração de sal (1) é... faz com que o a acetona, solte no caso como ela não é 100%, não é concentrada, ela libere a a água que tem em sua composição e faça com que eles se dividam (2) (realiza movimento com a mão olhando para o experimento II para representar a divisão (3)). Também por conta da densidade. (4)	Esquematização (1) Pleromatização - C' (2) Esquematização - A' (3) Esquematização - B (4)	A partir da explicação de Wilson é possível classificar grande parte de sua explicação como pleromatização (C'). Pois ele fala frases confusas e incompletas, além de falar tudo pausadamente expressando elementos afetivos que indicam incerteza sobre a resposta externalizada. Por essa razão é possível afirmar que Wilson neste momento ainda não era capaz de esquematizar de fato suas ideias através da linguagem verbal. Ele utiliza signos pré-verbais para expressar a separação (A'). Por fim afirma que a separação também ocorre devido a densidade (B), nesse momento a mediação ocorre via esquematização através da linguagem verbal.
11	Letícia	Dependendo da quantidade de sal a mistura muda.	Esquematização - B	Esquematização por meio de signos verbais.
12	Wilson	Exatamente.	Esquematização - B	Concorda com a ideia externalizada por sua dupla.

13	Letícia	É meio que, como se o... o sal... (olha fixamente para um ponto de modo pensativo e não consegue finalizar a explicação através da linguagem verbal).	Pleromatização	Letícia tenta explicar, mas ainda não é capaz de externalizar inicialmente.
14	Wilson	O sal fosse o reagente, tá ligado?	Esquematização - B'	A ideia de Wilson foi classificada como (B') pois ele utiliza a linguagem verbal para expressar sua resposta. Além disso, ele afirma que o sal é "o reagente", o que pode ser classificado como uma ideia de encontro com o que ocorre nos experimentos.
15	Letícia	quanto...quanto menor... maior for a quantidade (apresenta olha distante e fala pausadamente), mais eles meio que se separa.	Pleromatização - C Esquematização - B	Letícia inicialmente tenta lembrar do que ocorreu no experimento (sente que sabe), mas não consegue expressar muito bem suas ideias (C) devidos aos elementos afetivos despertados pelos signos que permeiam sua mente. Logo ao final da frase Letícia consegue concluir seu raciocínio através da linguagem verbal (B).

16	Wilson	(Afirma que sim com a cabeça). O sal é reagente.	Esquematisação - A Esquematisação - B'	Wilson concorda com sua dupla através de um signo pré-verbal e depois repete a mesma ideia do turno 14.
17	Letícia	tanto que aqui (aponta para experimento II) eles se misturam bem melhor do que ali (aponta para experimento I).	Esquematisação - B	Nesse momento Letícia completa a explicação iniciada no turno 15 via esquematização. A ideia que Letícia traz está correta pois ela estabelece uma relação entre as misturas e a quantidade de NaCl adicionada.
18	Wilson	(Em silêncio por 3 segundos (1), depois balança a cabeça de modo afirmativo vagarosamente (2))... Exatamente, porque ali tem uma grande quantidade de sal (3) (aponta para o experimento I).	Pleromatização (1) Esquematisação – A (2) Esquematisação - B (3)	Wilson observa os experimentos fixamente enquanto pensa em uma resposta, depois balança a cabeça de modo afirmativo concordando com sua dupla. Wilson realiza as explicações através da linguagem verbal.
19	Letícia	ali (aponta para experimento I) tem muito mais sal do que aqui (aponta para experimento II).	Esquematisação - B	Explicação através da linguagem verbal.

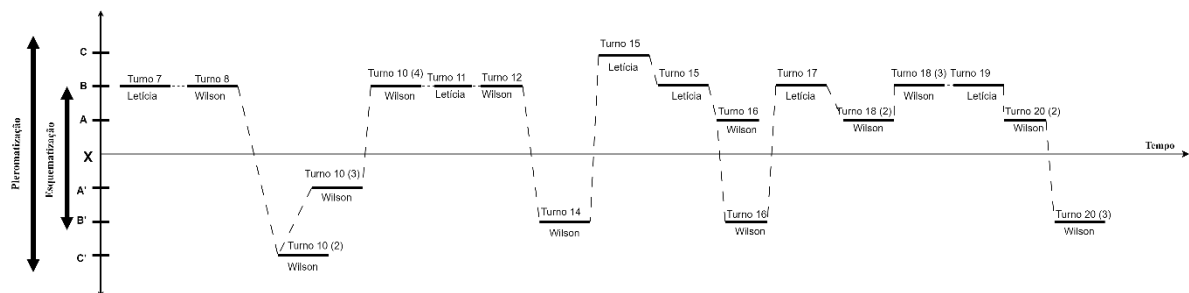
20	Wilson	(Ele permanece em silêncio por 4 segundos e apresenta um olhar distante (1), enquanto balança a cabeça de modo afirmativo (2)) ... Aí a reação é mais rápida (3).	Pleromatização (1) Esquematização – A (2) Esquematização - B' (3)	Inicialmente, Wilson demonstra estar pensativo e apresenta um olhar distante, indicando que a pleromatização mediava esse momento. Em seguida, Wilson concorda com sua dupla através de signos pré-verbais. E, por fim, ele é capaz de usar a linguagem verbal para concluir seu raciocínio.
21	Letícia	(Em silêncio por 3 segundos). Lá né? (aponta para experimento 1)	Pleromatização Esquematização	Apresenta expressão pensativa sobre o que sua dupla falou – o que indica um movimento pleromático e, portanto, há a presença de signos que despertam domínios afetivos – e depois faz uma pergunta através da linguagem verbal.

22	Wilson	Exatamente. (balança a cabeça de forma afirmativa por alguns segundos, lentamente, expressando confiança).	Pleromatização Esquematização	Wilson apresenta confiança em sua resposta e balança a cabeça de forma afirmativa. A mediação semiótica que ocorre nesse momento é a pleromatização, que permite a expressão de signos que despertam domínios afetivos. Além disso, Wilson também expressa um signo pré-verbal esquematizado ao balançar a cabeça de forma afirmativa.
23	Letícia	(balança a cabeça de forma afirmativa)... Exato, é isto.	Esquematização	Letícia concorda com sua dupla através da linguagem verbal.

Fonte: Elaboração própria.

A partir das classificações realizadas no Quadro 6 a trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson para a pergunta 10 foi traçada e pode ser observada na Figura 16.

Figura 16 – Trajetória de aprendizagem de Letícia e Wilson a respeito da pergunta 10



Fonte: Elaboração própria.

A última pergunta requeria à necessidade de refletir sobre tudo o que a dupla conversou para chegar a uma conclusão, provavelmente muitos signos permearam a mente dos participantes. Portanto, é possível afirmar que signos do tipo campo, isto é, signos hipergeneralizados que despertam domínios afetivos, estavam presentes, principalmente nos

turnos iniciais; e isso foi perceptível a partir do silêncio estabelecido entre os dois estudantes. Esse momento em que a linguagem verbal falha segundo Valsiner (2007; 2012) diz respeito ao nível de mediação semiótica mais alto, que é justamente o nível dos signos hipergeneralizados. Assim, nesses turnos em que a pleromatização se fez presente, os participantes sentiram que não eram capazes de expressar suas respostas, pois os elementos afetivos despertados pelos signos do tipo campo impossibilitaram a externalização da resposta de forma esquematizada.

Vale salientar, porém, que a mediação semiótica pleromatização esteve presente durante quase todo o diálogo como pode ser observado no Quadro 6, sendo importante destacar que essa mediação semiótica gera signos hipergeneralizados, e, portanto, aspectos afetivos fazem parte de sua expressão. Como por exemplo no turno 7, Letícia fica pensativa e tenta lembrar a explicação por alguns instantes, assim a mediação semiótica que guia esse momento é a pleromatização; mas logo em seguida Letícia é capaz de descer para a esquematização e expressar sua resposta através da linguagem verbal, por meio de signos do tipo ponto via esquematização. De modo semelhante isso também ocorre no turno 15. Esses turnos representam bem sobre o que Valsiner (2012) explica a respeito de um signo do tipo ponto ser uma contração de um signo do tipo campo, pois para poder expressar um fenômeno complexo (signo campo) através da linguagem verbal, foi necessário reduzir seu significado através de um esquema (signo ponto), essa relação pode ser observada na Figura 5 do presente trabalho.

A dupla buscou resumir tópicos que já haviam discutido, portanto citaram conteúdos que já haviam mencionado anteriormente como pode ser visto no Quadro 6. Mas é importante destacar o turno 11 em que Letícia é capaz de externalizar “dependendo da quantidade de sal a mistura muda”, pois nos outros diálogos essa ideia foi expressa por Wilson, ou seja, a relação interpessoal estabelecida contribuiu para a construção de explicações.

Além disso, é importante destacar os turnos 14 e 16 pois Wilson com suas palavras afirma no turno 14 que o sal é “o reagente” e no turno 16 repete essa ideia. O que foi externalizado foi categorizado em um nível de abstração em desacordo com conceitos científicos. Pois o Cloreto de Sódio é um composto iônico que após a adição de água se separa em íons sódio (Na^+) e íons cloreto (Cl^-) (BROWN, 2005). Isto é, o sal Cloreto de Sódio (NaCl) não é considerado um reagente, pois o que ocorre no experimento é uma dissociação iônica devido à interação com o solvente. Nesses turnos é perceptível que Wilson realmente acredita que o sal é o reagente, o que pode atrapalhar na construção de novos significados, e isso pode ser observado no turno 20; pois Wilson afirma que “a reação é mais rápida”, essa ideia externalizada por ele não está correta uma vez que não ocorre uma reação química, e sim um processo físico de separação de misturas por meio das forças intermoleculares.

De modo geral, em todas as trajetórias de aprendizagem traçadas foi possível notar que os estudantes conseguiram criar novos signos a partir da observação do que ocorreu nos experimentos, e das relações que foram estabelecidas com os signos que já tinham conhecimento. A ferramenta de ensino de química utilizada na presente pesquisa também contribuiu para que os estudantes pudessem expressar seus raciocínios, uma vez que, segundo Gonçalves e Marques (2006) a experimentação proporciona que os estudantes construam argumentos e expressem suas ideias de forma oral. Ou seja, de modo geral, os alunos foram capazes de discutir sobre as transformações macroscópicas e microscópicas dos experimentos, e identificar, mesmo que indiretamente, as ações das forças intermoleculares trabalhadas.

Além disso, vale enfatizar que todas as vezes em que os participantes não conseguiram expressar suas ideias através da linguagem verbal, os signos do tipo campo permeavam suas mentes; mas a partir de contínuas tentativas eles foram capazes, na maioria dos casos, de descer para o nível de abstração através da linguagem verbal via esquematização, e expressar suas ideias através de signos do tipo ponto. Assim, quando os participantes externalizaram ideias mais resumidas e organizadas, essas ideias foram classificadas em signos do tipo ponto. Nesse contexto, por meio das mediações semióticas esquematização e pleromatização os participantes externalizaram signos para discutir sobre as perguntas propostas; e a partir da análise dos diálogos, até mesmo quando os participantes não sabiam as respostas eles foram capazes de construir uma linha de raciocínio a partir de seus conhecimentos prévios (signos preexistentes), da observação do que ocorreu nos experimentos, e a partir dos signos imediatos expostos por cada um deles.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da experimentação, que foi a ferramenta de ensino de química utilizada na presente pesquisa, os estudantes foram capazes de discutir e construir argumentos sobre o que ocorreu em cada um dos experimentos. Por meio das externalizações dos participantes foi possível analisar os seus percursos de aprendizagem em relação ao conteúdo de Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo. Nesse contexto, a partir da análise dos diálogos da dupla, ideias abstratas e concretas foram expressas por eles. Isto é, os participantes externalizaram ideias referentes à conceitos científicos (abstratas) e a conceitos cotidianos (concretas). Nos diálogos discutidos na presente pesquisa, para apenas uma das perguntas os participantes utilizaram exemplos macroscópicos para explicar conceitos científicos ou para estabelecer conexões com conceitos científicos. Entretanto, os signos construídos por eles nesses turnos do diálogo serviram de embasamento para os diálogos seguintes.

Além disso, foi possível observar que a dupla transitou entre elementos cognitivos e afetivos para responder aos questionamentos investigativos. Nesse sentido, esses elementos puderam ser identificados em suas respostas a partir dos tipos de signos que foram expressos pela dupla (signos pré-verbais; signos verbais; signos hipergeneralizados). Assim, os turnos dos diálogos dos participantes foram classificados em níveis de abstração. Todas as vezes em que os participantes explicaram suas ideias e fenômenos complexos de forma clara ou de forma resumida, eles expressaram signos do tipo ponto; o que significa que a mediação semiótica que predominou tais turnos foi a esquematização.

No que diz respeito aos turnos em que os participantes levaram mais tempo para conseguir explicar seus pensamentos ou explicar um fenômeno complexo, ou ainda, não foram capazes de expressar o que gostariam, os pensamentos dos participantes estavam repletos de signos do tipo campo, pois esses signos carregam significados complexos. Assim, a mediação semiótica que ocorreu nesses turnos foi a pleromatização, a partir dessa mediação semiótica surgem signos complexos e heterogêneos, o que permite que representem a essência do fenômeno original. Por isso, em muitos turnos foi perceptível que os participantes não conseguiram expressar o que pensavam devido a presença dos elementos afetivos que esses signos proporcionam, fazendo com que a linguagem verbal não seja suficiente para expressar o sentimento e significados. Nesse contexto, é possível afirmar que o movimento entre as mediações semióticas e entre as ideias abstratas e concretas fizeram parte da construção da aprendizagem da dupla.

Assim, por meio da categorização dos signos em campo e ponto a partir das mediações semióticas pleromatização e esquematização, identificadas via MTA – que foi a ferramenta de análise qualitativa utilizada – foi possível compreender as trajetórias de aprendizagem dos estudantes a respeito do conteúdo, de modo microgenético. Além disso, a abordagem microgenética permitiu analisar inclusive, pequenas mudanças que ocorreram entre um turno e outro; o que possibilitou identificar as mudanças intrapessoais de cada um dos participantes.

Nesse contexto, os estudantes compartilharam suas explicações através de signos do tipo ponto e campo; e esses signos representam aspectos cognitivos e afetivos que foram expressos a partir das mediações esquematização e pleromatização. Assim, foi possível observar a construção e reconstrução de conceitos, tanto em acordo com conceitos científicos quanto em desacordo. Vale ressaltar que os equívocos cometidos são parte do processo de aprendizagem, e muitas das vezes em que conceitos equivocados foram expressos, os alunos puderam compartilhar ideias corretas logo em seguida.

Além disso, apesar dos estudantes não terem estudado as Ligações de Hidrogênio e Interações Íon-dipolo no ensino superior, eles foram capazes de discutir muitos pontos importantes sobre as ações das forças intermoleculares nos experimentos, como foi apresentado na seção dos resultados e discussão. Nesse contexto, para a construção de significados, os estudantes buscaram relacionar os signos que já possuíam com os signos imediatos provenientes da experimentação e da discussão realizada após o experimento. Assim, as relações construídas, as respostas internalizadas e externalizadas ocorreram mediante o uso de signos.

Durante a discussão dos experimentos os estudantes se influenciaram mutuamente, a cada turno dos diálogos é possível perceber que um repete a ideia exposta pelo outro, ou ainda, repete a mesma ideia com a adição de outros signos que julgam importantes. Nesse contexto, a partir de cada pergunta os estudantes foram mantendo algumas das respostas e criando outras a partir delas, isto é, criando novos signos e consequentemente construindo novos significados.

Além disso, o diálogo entre a dupla foi essencial para que houvesse a expressão dos elementos simbólicos, o que traz atenção para como a relação interpessoal é importante para a construção da aprendizagem. Vale destacar ainda, que o objeto de estudo da pesquisa foi a trajetória de aprendizagem dos estudantes em relação ao conteúdo, e não seu produto final; uma vez que para propor mudanças na aprendizagem é necessário compreendê-la.

Por fim, acerca da utilização do MTA, observamos ser uma ferramenta útil na identificação de elementos semióticos que podem mediar o processo de construção de significados. Destacamos que em alguns momentos, foi possível identificar esquematizações

ou pleromatizações sem necessariamente a vinculação com o conteúdo (nos quadros, observar quando essas categorias aparecem sem a designação de letras). Isso pode indicar uma limitação do MTA na identificação de movimentos pleromáticos ou esquemáticos gerais, sem ter a ver, necessariamente, com a discussão conceitual.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2012. 874 p.
- BROWN, T. L.; BURSTEN, B. E.; LEMAY, H. E. **Química a ciência central**, 9ª ed. 2005. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Ceará: 2002. 127 p. Apostila digital. Disponível em: <http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf>. Acesso em: 29 de novembro de 2021.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 219-238, 2006.
- JUNQUEIRA, M. M. **Um estudo sobre o tema interações intermoleculares no contexto da disciplina de Química Geral**: a necessidade da superação de uma abordagem classificatória para uma abordagem molecular. 2017. 275 folhas. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo.
- KUNTZLEMAND, T. **Solution to Chemical Mystery #8: Go Blue**. Chemedx, 2016. Disponível em: <https://www.chemedx.org/blog/solution-chemical-mystery-8-go-blue>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- MCCORD. **Intermolecular Forces**. Gchem, 2012. Disponível em: <https://gchem.cm.utexas.edu/imfs/index.php#forces/forces-attraction-all.php>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.
- PALEI, S. **Salt effect on liquid liquid equilibrium of the system water+ 1-butanol+ acetone at 298k**: experimental determination. 2010. 59 folhas. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Department of Chemical Engineering, National Institute of Technology Rourkela.
- PEIRCE, C. S. O que é um signo? (1894). *The Monist*. Tradução Ana Maria Guimarães Jorge. **FACOM** - nº18, p. 46-56, 2007.

PERIODIC Table. **ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY**. Disponível em: <https://www.rsc.org/periodic-table>. Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

ROCHA, W. R. INTERAÇÕES INTERMOLECULARES. **Química Nova na Escola**, v. 4, n. maio. 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/interac.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

SATISH, A. Ahire; ASHWINI, A. Bachhav. SOLUBILITY AND MOLECULAR FORCES. **International Journal of Current Advanced Research**. v. 6, p. 8109-8117, 2017.

SILVA, J. R. R. T. NO VARIABLES IN CLASSROOM: UNDERSTANDING LEARNING BY A QUALITATIVE ANALYTICAL TOOL. In: VALSINER, J. **FAREWELL TO VARIABLES**. 2023.

SOUZA, F. L. *et al.* Atividades experimentais investigativas no ensino de química. **São Paulo: EDUSP**, 2013.

SYMMETRY Otterbein. Disponível em: <https://symotter.org/gallery>. Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

TRO, N. J. **Química: uma abordagem molecular**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 1851 p.

VALSINER, J. The overwhelming world: Functions of pleromatization in creating diversity in cultural and natural constructions. **International Summer School of Semiotic and Structural Studies**, v. 12, p. 1-21, 2006.

VALSINER, J. **Fundamentos da psicologia cultural**: mundos da mente, mundos da vida. 1. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2012. 326 p.

VALSINER, J. Campos Semióticos em Ação: Orientação Afetiva do Processo de Internalização/Externalização. In: VALSINER, J. **Fundamentos da Psicologia cultural**: mundos da mente, mundos da vida. 1. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2012. p. 250-296.

VALSINER, J. Aproximações à cultura: bases semióticas da psicologia cultural. In: VALSINER, J. **Fundamentos da Psicologia cultural**: mundos da mente, mundos da vida. 1. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2012. p. 21-66.

VALSINER, J. **An invitation to cultural psychology**. Sage, 2013.

VALSINER, J. **Culture in minds and societies: Foundations of cultural psychology**. SAGE Publications India, 2007.

WAGONER, B.; JENSEN, E. Microgenetic evaluation: Studying learning in motion. **Yearbook of idiographic science: Reflexivity and change**. Charlotte, NC: Information Age Publishers, 2014. 14 p.

WARTHA, E.J.; REZENDE, D. B. OS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA E AS CATEGORIAS DA SEMIÓTICA DE PEIRCE. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011.

APÊNDICE A – INSTRUÇÕES PARA AULA DE EXPERIMENTAÇÃO

*** A atividade experimental divide-se em duas partes:**

PARTE I

Reagentes:

- 35 mL de acetona;
- glitter azul;
- 20 mL de água destilada;
- Anilina amarela;
- 10 g de NaCl.

Vidrarias/equipamentos:

- 2 Erlenmeyers;
- 1 tubo de ensaio grande + tampa;
- Suporte para tubos de ensaio;
- Funil;
- Filtro de papel;
- Vidro de relógio grande;
- 1 Béquer 100 mL;
- 1 espátula.

Instruções:

- Façam comentários sobre todas as mudanças observadas ao longo do experimento, conversando em grupo sobre o que vocês acham que acontece em cada etapa.

1- Em um Erlenmeyer misture 35 mL de acetona e o glitter azul até dissolver o máximo possível. Em seguida, é necessário filtrar a solução utilizando um filtro de papel, um funil e um béquer;

2- Em um outro Erlenmeyer coloque 20 mL de água destilada e adicione 1 gota de anilina amarela;

- 3- Em um tubo de ensaio adicione as duas soluções preparadas. Tampe o tubo de ensaio e misture;
- 4- Com o auxílio de uma espátula adicione lentamente 10 g de NaCl à mistura que está no tubo de ensaio. Observe o que acontece e misture novamente;
- 5- Conversem sobre o que ocorre nesse experimento do ponto de vista da química.

PARTE II

Reagentes:

- 90 mL de Acetona;
- 90 mL da solução de NaCl 17%;
- anilina azul;
- anilina roxa.

Vidrarias/equipamentos:

- Proveta 250 mL.

Instruções:

- Façam comentários sobre todas as mudanças observadas ao longo do experimento, conversando em grupo sobre o que vocês acham que acontece em cada etapa.
- 1- Em uma proveta de 250 mL coloque 90 mL da solução de NaCl e 90 mL de Acetona;
 - 2- Adicione 1 gota de anilina azul;
 - 3- Adicione 1 gota de anilina roxa;
 - 4- Tampe a proveta e misture;
 - 5- Conversem sobre o que ocorre nesse experimento do ponto de vista da química.

APÊNDICE B – QUESTIONAMENTOS SOBRE OS EXPERIMENTOS

1. Por que após a adição do sal NaCl no experimento I a mistura foi separada? Justifique do ponto de vista da química.
2. Em algum momento no experimento I a acetona e a água se misturam? No experimento II o mesmo ocorre com a acetona e a solução de NaCl? Pense nas duas situações e justifique cada uma do ponto de vista da química.
3. Ocorreu algum tipo de interação nos experimentos? Por que você acha isso?
4. Ocorreu alguma reação química nos experimentos? Justifique.
5. Existem forças atuando nos experimentos I e II? Em quais momentos dos experimentos é possível notar a presença ou ausência dessas forças?
6. Em termos de interações entre moléculas, o que pode ter acontecido no experimento I antes e após a separação da mistura? E no experimento II? Justifique.
7. No experimento II, a acetona e a solução de NaCl conseguem permanecer misturadas? Por que isso acontece?
8. O que ocorre de diferente nos experimentos I e II? Em algum momento ocorreu alguma interação semelhante nos dois experimentos do ponto de vista da química? Justifique.
9. Como você explica a separação das cores e da mistura no experimento II? O que pode ter acontecido do ponto de vista químico?
10. Após a discussão e reflexões realizadas você conseguiu chegar em alguma conclusão a respeito do que ocorreu nos dois experimentos? Explique.

APÊNDICE C – PLANO DE AULA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CAMPUS ACADÊMICO DO AGRESTE

Instituição	UFPE	Curso	Licenciatura em Química
Data: 16/02/2023		Horário	14:30-17:00
1. Conteúdo			
Forças Intermoleculares: Ligação de Hidrogênio e Interação Íon-dipolo.			
2. Objetivos			
- Discutir sobre as transformações macroscópicas e microscópicas dos experimentos; - Identificar a atuação das forças intermoleculares nos experimentos.			
3. Metodologia			
A aula se trata de uma atividade experimental que será utilizada com o intuito de possibilitar a discussão de dois experimentos sobre Forças Intermoleculares e consequentemente contribuir para a aprendizagem dos participantes. Todo o material necessário para a realização da atividade experimental estará no laboratório de Química. Em primeiro momento, será solicitado que os estudantes voluntários realizem dois experimentos sobre Forças Intermoleculares, assim, as orientações para a realização dos experimentos serão fornecidas para os estudantes. Os estudantes trabalharão em dupla, então será solicitado que eles discutam a partir do que for observado durante a realização do experimento, e a partir de possíveis questionamentos que possam surgir durante a prática. Além disso, após a prática experimental os estudantes responderão questionamentos a respeito dos experimentos / conteúdo - esses questionamentos serão direcionados para as duplas a fim de contribuir para a investigação e discussão do que ocorre nos experimentos do ponto de vista da química - e consequentemente contribuir para a aprendizagem do conteúdo em questão.			
4. Recursos didáticos utilizados			

- Reagentes;
- Vidrarias;
- Equipamentos de laboratório.

5. Avaliação da aprendizagem

A avaliação da construção da aprendizagem se dará de forma contínua durante toda a realização da atividade experimental e da discussão gerada a partir dela. Nesse sentido, toda a discussão construída pelos estudantes e suas possíveis respostas externalizadas em virtude dos questionamentos de caráter investigativo, serão consideradas como meios de analisar a construção da trajetória de aprendizagem do conteúdo Forças Intermoleculares.

Bibliografia

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2012. 874 p.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 219-238, 2006.

JUNQUEIRA, M. M. **Um estudo sobre o tema interações intermoleculares no contexto da disciplina de Química Geral: a necessidade da superação de uma abordagem classificatória para uma abordagem molecular**. 2017. 275 folhas. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo.

SOUZA, F. L. *et al.* **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: EDUSP, 2013.

KUNTZLEMAND, T. **Solution to Chemical Mystery #8: Go Blue**. Chemedx, 2016. Disponível em: <https://www.chemedx.org/blog/solution-chemical-mystery-8-go-blue>. Acesso em: 19 de Janeiro de 2023.

TOMMY TECHNETIUM. **Chemistry demonstration involving intermolecular forces**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=7Ftk9-Jhbdk&ab_channel=TommyTechnetium. Acesso em 19 de Janeiro de 2023.

APÊNDICE D – IMAGENS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS PELOS PARTICIPANTES

Imagem 1 – Experimento 1 realizado pelos participantes.



Fonte: autoria própria.

Imagem 2 – Experimento 2 realizado pelos participantes.



Fonte: autoria própria.