



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO**

REBECA CASTRO BIGHETTI

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM NO ESTUDO DA TEORIA CINÉTICA DOS
GASES**

Bauru

2016

REBECA CASTRO BIGHETTI

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM NO ESTUDO DA TEORIA CINÉTICA DOS
GASES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof^a. Dra. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani

Bauru

2016

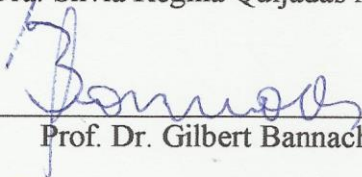
REBECA CASTRO BIGHETTI

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM NO ESTUDO DA TEORIA CINÉTICA DOS
GASES**

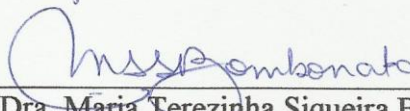
Comissão Examinadora



Profª. Dra. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani



Prof. Dr. Gilbert Bannach



Profª. Dra. Maria Terezinha Siqueira Bombonato

Bauru, 01 de fevereiro de 2016.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que estiveram ao meu lado, por terem sempre acreditado em mim, e por me ajudarem a superar todas as dificuldades que enfrentei durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido mais esta vitória.

Agradeço a minha querida orientadora, Prof. Dra. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani, por tornar possível essa realização, por todos os ensinamentos, por me dar a oportunidade de ser uma bolsista PIBID, pela paciência na orientação e ao decorrer dos anos, e pela confiança em mim depositada.

Agradeço ao meus pais, Elcy Bighetti e Cristiane Bighetti, por terem me criado, e educado de uma forma exemplar para que eu chegasse até aqui, e aos meus irmãos por ficarem em silêncio quando precisei. Agradeço meu pai em especial, por ter me ajudado a montar o modelo, sem ele o trabalho não seria possível.

Agradeço ao meu noivo Rafael Panice, por sempre me apoiar em todos os momentos difíceis, também agradeço a minha sogra Dalva Panice, por acreditar mais em mim do que eu mesma.

Agradeço a minha querida professora do ensino fundamental, Fátima (Jacaré), por ter me ensinado Química de uma forma excelente, foi quando escolhi a minha profissão.

Agradeço ao querido amigo Prof. Marcelo Augusto Martins Fernandes que sempre me ajudou em todos os momentos, me ensinou a ser quem eu sou hoje dentro da sala de aula, com suas orientações e ensinamentos, e pelas oportunidades que me deu durante os anos de PIBID.

Agradeço a minha tia Samara Castro, por ter me avisado o dia que abriu a transferência para o curso de Química da Unesp-Bauru, sem ela não estaria aqui hoje.

Agradeço a minha amiga Angélica, por ter me ajudado em todos os momentos que eu achei que não era capaz, e por me apoiar em todas as decisões.

Agradeço a todos os amigos e colegas que fiz durante os cinco anos da graduação.

Agradeço aos meus amigos do World of Warcraft, que entenderam a minha ausência enquanto me dediquei a este trabalho.

Agradeço aos professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo, e a todos os professores do curso de Química pelos ensinamentos ao decorrer dos anos.

Infelizmente estes parágrafos não são suficientes para agradecer a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase da minha vida, enfim, um muito obrigada a todos aqueles que confiaram em mim desde o começo, me apoiam, acreditaram em mim, e estiveram ao meu lado! Sem todos vocês, isso não seria possível!

RESUMO

Neste trabalho estuda-se a influência do uso de modelos e analogias no Ensino de Química, para a aprendizagem e compreensão de conceitos relacionados à teoria cinética dos gases. Desenvolveu-se uma atividade com alunos da segunda série do ensino médio, regularmente matriculados em uma Escola Estadual, na cidade de Bauru-SP. Um modelo foi construído e desenvolvido utilizando o esquema de modelo mecânico vertical, com base na proposta do professor Luiz Ferraz Netto, para o ensino da teoria cinética dos gases. Aplicou-se um questionário para avaliar o efeito do modelo em sala de aula, e a análise dos dados foi feita de forma qualitativa descritiva. Pôde-se verificar que a metodologia utilizada favoreceu a evolução da compreensão conceitual, demonstrando resultados significativos sobre a aprendizagem do tema.

Palavras-chave: Analogias; Modelos; Teoria Cinética dos Gases.

ABSTRACT

In this term paper is studied the use of models and analogies and it's influences in the study of chemistry, for learning and understanding of concepts related to the kinetic theory of gases. It was developed an activity with students of high school second year, enrolled in a State school, in the city of Bauru-SP. It was built and developed a model using the mechanical vertical model scheme, based on the proposal of Professor Luiz Ferraz Netto, for the teaching of the kinetic theory of gases. It was applied a questionnaire to evaluate the effect of the model in the classroom, and the analysis of data was done in descriptive qualitative way. It was verified that the methodology favored the development of conceptual understanding, demonstrating significant results on the theme of learning.

Key-Words: Analogy; Models; Kinetic Theory of Gases.

Índice de Quadros

Quadro 1: Categorias relacionadas ao nível de organização de analogias, com suas respectivas descrições.	21
Quadro 2: Organização e análise dos dados.....	43
Quadro 3: Continuação da organização e análise dos dados.....	44

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Respostas apresentadas pelos alunos por categorias	49
---	----

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama Modelo de Modelagem	16
Figura 2: Mapa conceitual dos modelos.....	18
Figura 3: Modelo de raciocínio analógico.....	20
Figura 4: Esquema do Modelo Mecânico Vertical	34
Figura 5: Modelo Mecânico Vertical construído.....	35
Figura 6: Ilustração do primeiro experimento realizado	37
Figura 7: Ilustração do segundo experimento realizado	37
Figura 8: Primeira simulação: Transformação Isobárica	38
Figura 9: Segunda simulação: Transformação Isométrica	38
Figura 10: Terceira simulação: Transformação Isotérmica.....	39
Figura 11: Aplicação do MMV em sala de aula	41
Figura 12: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 1	46
Figura 13: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 2	47
Figura 14: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 3	47
Figura 15: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 4	48
Figura 16: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 5	48

Sumário

INTRODUÇÃO	11
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
1.1 O modelo e a modelagem no ensino de química	13
1.2 Modelo cinético dos gases.....	22
1.3 Dificuldades no ensino e aprendizagem do modelo cinético dos gases ..	29
2. METODOLOGIA.....	32
2.1 Descrição do MMV e da atividade proposta	33
2.1.1 Aplicação da atividade	36
2.2 Os sujeitos da pesquisa.....	40
2.3 A coleta e análise de dados.....	40
3. ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	43
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	52
Apêndices.....	55
Apêndice A.....	55
Apêndice B	56

INTRODUÇÃO

Atualmente, exercer a função de professor está cada dia mais difícil, devido à indisciplina em sala de aula, aos baixos salários, a desvalorização da profissão, entre outros fatores. Porém, aquele que realmente gosta do que faz, não irá desistir tão facilmente, é por este fato que procuramos novas formas de ensinar, novos experimentos, formas diferentes de abordar um determinado assunto. Esse foi o motivo que fez com que eu me interessasse pelos modelos. Não havia tomado ciência até bem pouco tempo, que quando eu estudava Química minha professora utilizava-se de modelos para ensinar, seja o modelo atômico, os modelos de ligação, ou outro qualquer, só sei que na época eu aprendi, e junto disso aprendi a gostar de Química.

Pensando assim, por que não criar um modelo para ensinar um assunto que não é tão claro para a maioria dos alunos? Então, surgiu a ideia da criação de um modelo, contudo, um modelo físico, para ensinar a teoria cinética dos gases, que fatalmente nos levará a estudar a equação de um gás ideal ($P.V = n.R.T$), e que todo professor ensina fazendo o aluno decorar alguma frase, e depois esquecemos qualquer conceito relacionado ao tema, mas não esquecemos a frase. O modelo mecânico vertical (MMV) tem como objetivo, mudar a relação dos alunos com os conceitos relacionados aos gases, e que sempre levam ao questionamento: “professor mas eu nunca vou usar isso na minha vida”. A proposta aqui apresentada pretende de forma mais didática, simular como acontecem os fenômenos que levaram à proposição da teoria cinética dos gases, e mostrar que podemos aplicar os conceitos aprendidos, em problemas do cotidiano.

No primeiro capítulo deste trabalho veremos o que é um modelo, como acontece a modelagem no Ensino de Química, a relação do modelo com o modelo cinético dos gases, e por fim as dificuldades relacionadas ao ensino de modelos, especificamente ao modelo cinético dos gases.

O segundo capítulo trata-se da metodologia utilizada, descrevendo como foi construído o MMV, de que forma foi aplicada a atividade proposta, e os métodos de análise de dados que serão utilizados. No terceiro capítulo, teremos a organização dos resultados obtidos, analisando os dados de forma qualitativa descritiva, e posteriormente, concluindo o quão eficiente foi a aplicação da proposta de trabalho, seguido do quarto capítulo, onde são apresentadas as considerações finais.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

O sistema educacional no Brasil apresenta inúmeras deficiências, fazendo com que as dificuldades associadas à aprendizagem se tornem cada vez maiores. A transmissão passiva dos conteúdos dificulta o processo de aprendizagem e desfavorece as interações professor-aluno e aluno-aluno. Por isso, faz-se necessário o uso de alternativas que facilitem a compreensão dos conteúdos pelos alunos, através de metodologias e propostas que possibilitem uma aprendizagem mais efetiva e prazerosa. Uma destas possibilidades é o uso de analogias e modelos.

A Química é uma Ciência muito abstrata, e quando lidamos com aspectos microscópicos do conhecimento, que não podem ser observados através dos nossos sentidos, passamos a ter uma sensação de vulnerabilidade, do que é possível aprender frente a amplitude desse universo em que estamos inseridos. De acordo com Ferreira e Justi (2008) essa sensação e essas dúvidas, contudo, não são negativas, pelo contrário, são cruciais para despertar a vontade de descoberta, decifrando os fenômenos que nos cercam.

A Química diz respeito às substâncias, a forma como estas se interagem, se agregam, dissociam e se reorganizam. Os químicos estudam os comportamentos das substâncias e comunicam suas descobertas em teorias e modelos (PRINS, 2010).

Segundo Ferreira e Justi (2008):

A compreensão desses fenômenos exige não apenas a repetição ou a aplicação de uma série de conhecimentos previamente memorizados, mas, mais do que isso, a elaboração de hipóteses e investigações, associadas à criatividade, à lógica e, é claro, aos conhecimentos anteriores, o que vem a culminar em algo que sacia, mesmo que parcialmente, nosso desejo de compreender o mundo: os modelos. (FERREIRA e JUSTI, 2008, p.32).

Infelizmente, na prática da Educação em Química, ainda se carece em grande extensão, de resultados de investigação, posições filosóficas ou avanços em novas formas de abordar o conhecimento. As mudanças que ocorreram nos livros didáticos durante as últimas três décadas não mostram qualquer real reconhecimento das recomendações e resultados de pesquisas recentes na área (CHAMIZO, 2011).

O tema “modelos” foi escolhido justamente para se estudar como os alunos do Ensino Médio reagem à proposta diferenciada de se utilizar a modelagem, ou,

“modelos” na sala de aula, na qual o professor de Química espera trazer a teoria mais próxima possível da “realidade” do aluno. O presente trabalho utiliza a modelagem para aplicação do tema “Teoria Cinética dos Gases”, um assunto em que os alunos sentem grande dificuldade em compreender os conceitos envolvidos, e para isso partimos do “Modelo Cinético dos Gases”.

1.1 O modelo e a modelagem no Ensino de Química

Ao fazermos uso da modelagem no ensino, conseguimos trazer os aspectos e práticas científicas para o cotidiano dos alunos, pois, na maioria das vezes, o “fazer ciência” é algo muito distante da realidade dos mesmos.

Envolver estudantes em atividades de modelagem tende a favorecer que eles percebam os modelos como importantes ferramentas na prática científica e conheçam a estreita relação dos mesmos com o desenvolvimento de teorias (SOUZA e JUSTI, 2011, p.38).

Para Silva (2013),

Imaginar e projetar aquilo que não se pode ver está relacionado com a busca de possíveis explicações para alguns fenômenos de nosso cotidiano. Essa tentativa de compreender a constituição, propriedades e transformações da matéria está intrinsecamente ligada à capacidade de abstração. Ser capaz de transitar entre os níveis macroscópico e microscópico, tão importantes para o entendimento de fatos e fenômenos de nosso cotidiano, é um dos objetivos da Química (SILVA, 2013, p.21-22).

Analogias são comparações entre domínios do conhecimento, que mantém certa relação de semelhança entre si. Elas são ferramentas frequentes no pensamento comum das pessoas e também desempenham um papel importante no campo da Educação, em geral, e da Educação em Ciência em particular (OLIVA et al., 2001). A utilização de analogias possibilita a construção de uma aprendizagem que tem, como base, conhecimentos adquiridos anteriormente, os quais, embora muitas vezes estejam carregados de concepções inadequadas, podem ser utilizados como pontos de partida para novas aprendizagens, que poderão ser construídas através da elaboração e teste de hipóteses. Uma alternativa à utilização de analogias relacionada a processos de construção do conhecimento é o uso da modelagem, em especial no Ensino de Ciências.

Para Gilbert e Boutler (1995):

Um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT e BOUTLER, 1995 *apud* FERREIRA e JUSTI, 2008, p.32-36).

De acordo com Prins (2010), modelos são geralmente vistos como conexões entre a teoria e a realidade. Os modelos são definidos como um conjunto de representações, regras e raciocínios, que permitem gerar previsões e explicações, e descrever o comportamento, sobre uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema.

O papel central que os modelos desempenham na Ciência têm sido claramente reconhecido, nas últimas décadas. Grande número de filósofos, de diferentes correntes, que têm discutido sobre o assunto (CARTWRIGHT, 1997; GIÈRE, 1999; MORGAN; MORRISON, 1999; SUÁREZ, 1999 *apud* JUSTI, 2015) evidenciando de como os modelos estão sendo reconhecidos. Apesar de esses autores apresentarem visões bem diferentes sobre o significado de modelos, todos concordam que o processo de modelagem fundamenta a produção do conhecimento científico, e que modelos são um dos principais produtos da Ciência (JUSTI, 2015). Segundo Justi (2015):

A grande relevância atribuída a modelos na ciência se deve às inúmeras funções que eles podem desempenhar como, por exemplo, favorecer a visualização de entidades abstratas (GILBERT, 2008), fundamentar a proposição de explicações (GILBERT, BOUTLER; RUTHERFORD, 1998), fundamentar a proposição de inferências, previsões e simulações (NERSESSIAN, 2002), dar suporte à elaboração e/ou à ampliação de teorias (MORRISON; MORGAN, 1999). (JUSTI, 2015, p.39)

Assim, considera-se que um modelo não é uma cópia da realidade, muito menos a verdade em si, mas uma forma de representá-la originada a partir das interpretações pessoais deste (FERREIRA e JUSTI, 2008). Segundo Prins (2010):

Os modelos podem variar quanto à classificação, podendo ser, modelos simbólicos que descrevem fórmulas químicas e/ou equações químicas, modelos matemáticos que representam relacionamentos conceituais de propriedades físicas e processos (por exemplo, $PV = nRT$), de modelos teóricos, descrevendo de uma forma fundamentada entidades teóricas (por exemplo, modelo de teoria cinética do volume de gás, temperatura e pressão) (PRINS, 2010, p.11, tradução minha).

Quando pensamos no Ensino, principalmente na forma como ele vem sendo tradicionalmente desenvolvido, o conhecimento científico é apresentado como mais um “conteúdo”, sem que seja estudado o processo de desenvolvimento daquele conhecimento, sem emoção, sem busca, sem motivação. Pensar sobre como um fenômeno ocorre se torna cada vez mais difícil, à medida que o saber na escola se associa à memorização de fatos, equações e procedimentos (FERREIRA e JUSTI, 2008).

A utilização de atividades de modelagem, isto é, atividades voltadas para a construção, reformulação e validação de modelos, pode resultar em um ensino mais significativo, que ajude o estudante a desenvolver um entendimento mais coerente e crítico. Além disso, aprender através da modelagem pode contribuir para que os estudantes aprendam sobre como o conhecimento científico é produzido – aspecto coerente com um Ensino de Ciências mais autêntico (COSTA, JUSTI e MOZZER, 2011).

Modelos são essenciais para a produção, difusão e aceitação, do conhecimento científico em geral. No Ensino de Química, os alunos devem aprender sobre as principais linhas e resultados da Química como disciplina científica, incluindo os seus modelos. Como resultado do reconhecimento de que o conhecimento científico tem como influência na nossa sociedade, a aprendizagem de modelos e modelagem é atualmente encarada como uma parte integrante da compreensão da linguagem científica. Esta influência é visível, por exemplo, em novos produtos (por exemplo, medicamentos, catalisadores), processos mais eficientes (por exemplo, a produção de alimentos, fornecimento de energia) ou (a longo prazo) políticas (por exemplo, alterações climáticas, biotecnologia) (PRINS, 2010).

Existe uma tendência crescente para envolver a sociedade civil na tomada de decisão sobre questões cotidianas, que envolvem conhecimentos científicos. Se a Educação visa preparar os alunos para se tornarem responsáveis civis, esses devem ter uma compreensão geral sobre a natureza do conhecimento científico, capturado em teorias e modelos, incluindo as características da construção do conhecimento. Devido a isso, o processo de modelagem é uma atividade fundamental produzindo suposições e simplificando os fenômenos, processos e/ou objetos sob consideração.

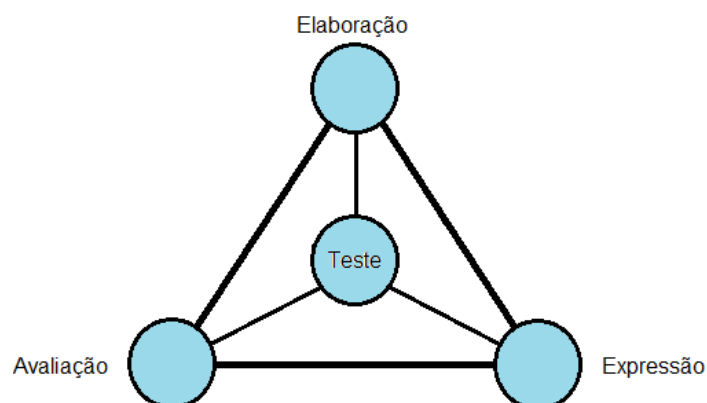
Geralmente, envolver os alunos em uma proposta educativa que utiliza um processo de modelagem é uma maneira eficaz, para ajudá-los a compreender a epistemologia de modelos e modelagem, em contraste com a "instrução direta de

modelos e modelagem projetado por outros” (EDELSON, 1998; GOBERT e PALLANT, 2004, *apud* PRINS, 2010, p.11 e 12). Além disso, um dos objetivos da química é preparar os alunos para um estudo futuro na Ciência, ou Tecnologia, e as suas atividades profissionais mais tarde, é desejável que os alunos enriqueçam suas visões epistemológicas sobre modelos e modelagem, nesta fase inicial de estudos (PRINS, 2010).

Entretanto, pelo fato de não existir uma visão única sobre como o processo de modelagem ocorre, isso indica que, não existem regras gerais para a construção de modelos. Aliás, isso é coerente com uma visão ampla de Ciência, que reconhece as particularidades da produção de conhecimento em cada ramo da Ciência (IRZIK e NOLA, 2011 *apud* JUSTI, 2015, p.39). Com certeza, a construção de modelos é um processo dinâmico e conseqüentemente, criativo, onde uma grande quantidade de habilidades é envolvida (JUSTI, 2015).

Na grande maioria dos casos, admite-se que a modelagem ocorre a partir de produção, teste e modificação de modelos, sem maiores detalhes sobre como cada uma dessas etapas ocorre. Justi (2015), considera que essas etapas são quatro e que cada uma delas exerce influência nas demais, como representado na Figura 1 (JUSTI, 2015).

Figura 1: Diagrama Modelo de Modelagem



Fonte: Adaptado de Justi (2010, p.223).

De acordo com Justi (2010), a modelagem é um ciclo que permeia entre: a produção do modelo mental, que ocorre através da analogia definida; a expressão desse modelo de um modo representacional, podendo ser verbal, tridimensional, matemático, entre outros; os testes do modelo, que dependem em alto grau dos recursos disponíveis; e a identificação das abrangências e limitações do modelo,

podendo ser feita através de análises em relação aos objetivos do uso do mesmo. O diagrama simplificado que apresenta o Modelo de Modelagem apresenta-o como um processo dinâmico e em constante mudança. Assim, todas as etapas se complementam e não possuem uma ordem de ocorrência fixada entre elas.

Construir um modelo mental pressupõe a integração dinâmica e, muitas vezes, simultânea, que prevê algumas etapas apresentadas por Justi (2015). Entre elas podem ser citadas:

- definir os objetivos do modelo ou entender os objetivos propostos para o modelo;
- obter informações sobre a entidade a ser modelada (na estrutura cognitiva prévia ou a partir de fontes externas: bibliografia, atividades empíricas etc.);
- definir uma analogia ou um modelo matemático para fundamentar o modelo; e integrar essas informações na proposição de um modelo (JUSTI, 2015, p.40).

Por outro lado, a expressão do modelo mental para que este possa se tornar passível de compartilhamento, ocorre a partir da representação física do modelo construído. Após esta fase, é preciso que os modelos sejam testados para avaliar sua coerência, através de testes empíricos ou mentais que atendam a natureza do modelo e as condições existentes para estes testes.

Para avaliar o modelo é necessário identificar sua abrangência e limitações, utilizando o mesmo em diferentes situações e contextos (JUSTI, 2015). Esta proposta diferencia-se de outras abordagens para a modelagem, pois distingue a expressão e a produção do modelo como diferentes etapas, além da diferença no que é chamado de avaliação. O que nas demais propostas chama-se de avaliação corresponde à análise da adequação do modelo aos objetivos, a autora assume que a avaliação está inserida como análise da utilidade da aplicação do modelo a outros contextos.

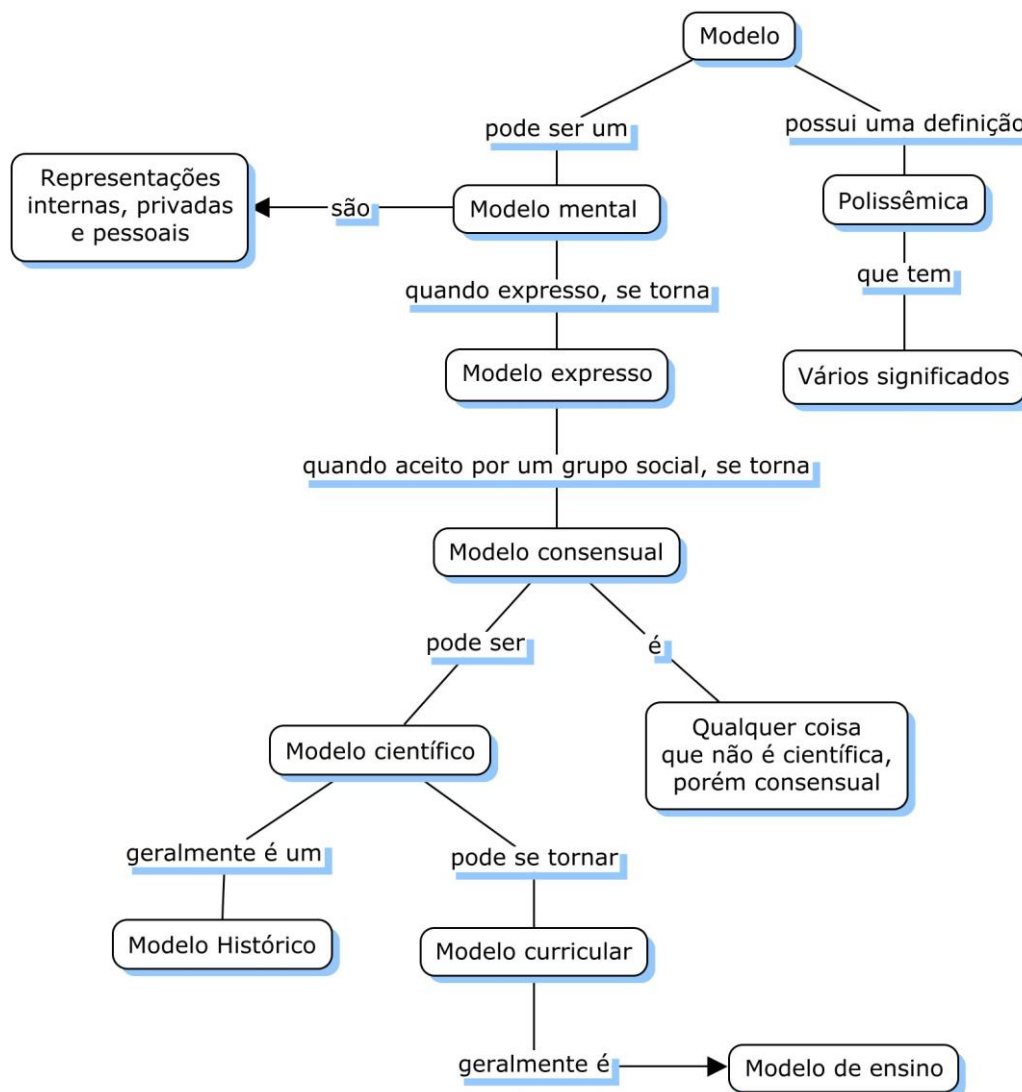
A proposta de Ensino baseada em atividades de modelagem fundamenta-se no papel central dos modelos na Ciência, o que tem levado a literatura da área, segundo Justi (2015) a enfatizar a importância desta proposta para favorecer a compreensão das ideias científicas e da Ciência, pelos estudantes. Esta questão indica a necessidade de discutir a construção dos modelos didáticos e sua importância.

“Para se construir um modelo didático, o modelo inicial proposto é submetido a muitas etapas e diferenciações em diversos outros tipos de modelo já existente (JUSTI e GILBERT, 1999a; LIMA, 2007 *apud* MIRANDA et al. 2015)”. Geralmente um modelo surge da reflexão, seja individual ou de um grupo, baseada em um

determinado fenômeno que se queira modelar: a essa representação chamamos de “modelo mental”.

Quando apresentado a um público, por meio de desenhos, gráficos, analogias, diagramas, ou outra forma de linguagem, esse modelo mental passa a ser chamado de “modelo expresso”. Ao se tornar consenso no âmbito de um grupo, ou seja, quando esse modelo é aceito por um grupo social, é então denominado “modelo consensual”. Quando se tornar consenso em uma comunidade ou grupo científico, sendo utilizado para o desenvolvimento de pesquisas e produção de conhecimento científico, recebe o nome de “modelo científico”(MIRANDA et al. 2015). Para uma visualização resumida da ideia de “modelos” foi construído o mapa conceitual apresentado na Figura 2.

Figura 2: Mapa conceitual dos modelos.



Fonte: Autora

O processo de relacionar conceitos por meio das analogias é um componente essencial do pensamento humano Mendonça et al. (2005, p.2 *apud* SILVA, 2013, p.34-35) sugerem que as analogias podem ser definidas como “sendo uma comparação entre dois domínios: um que é familiar ao aprendiz, denominado na literatura de “domínio da analogia”, e outro não é familiar, denominado de “domínio do alvo” (SILVA, 2013).

Na opinião de Ferraz e Terrazan (2003):

Os conceitos científicos considerados pelos alunos um tanto “indigestos” são mais facilmente compreendidos com o uso destes recursos que tornam os conceitos mais “palatáveis”. Sendo sistemas conceituais diferenciados é evidente que “alvo” e “análogo” são de diferente natureza e, portanto é preciso ter cuidado na hora de avaliar os tipos de semelhanças e diferenças entre “alvo” e “análogo” (FERRAZ e TERRAZAN, 2003, p.214).

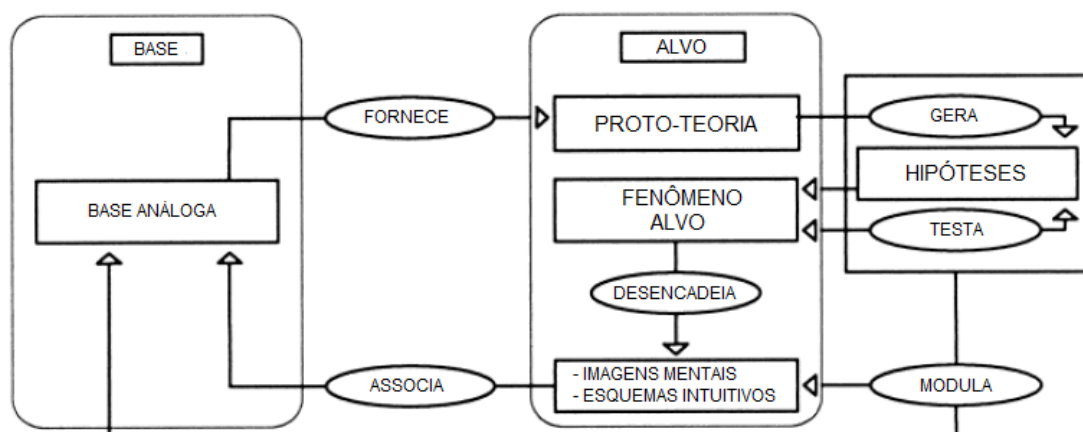
De acordo com Silva (2013), podemos afirmar que as analogias servem como meio de ligação entre o conhecimento prévio apresentado pelo aluno e a teoria nova a ser aprendida. Seguindo esse raciocínio, destacamos a importância deste tipo de estratégia, bem como o cuidado que devemos ter ao utilizá-la. Outro fator importante a destacar, é que o professor tenha domínio sobre quais os objetivos que deseja atingir com esse tipo de estratégia, além de estabelecer analogias que utilizem elementos que façam parte da rede de conhecimento de todos os estudantes (SOUZA, et al., 2006 *apud* SILVA, 2013, p. 35).

Wilbers e Duit (2001 *apud* Ferraz e Terrazan, 2003), acreditam que modelos mentais que são gerados espontaneamente por estudantes, quando confrontados pela primeira vez com o fenômeno alvo, ou até mesmo esquemas intuitivos formados pelos alunos, são essenciais no processo de ensino que utiliza o uso de analogias, essa proposta se chama modelo de “raciocínio analógico” (FERRAZ e TERRAZAN, 2003).

Uma associação preliminar entre o alvo e o análogo, é favorecida por esse modelo de raciocínio analógico; dessa forma, o processo da “construção analógica” é guiado pelas associações espontaneamente geradas. Pode-se dizer que na visão de Wilbers e Duit (2001 *apud* Ferraz e Terrazan, 2003), “analogia é um mecanismo de construção de hipóteses baseado nos modelos mentais e esquemas intuitivos “disparados” pelo fenômeno-alvo”, portanto o processo de construção analógica, que utilizamos para explorar melhor o fenômeno a ser trabalhado, está baseado num

análogo mais conhecido pelo estudante (mais familiar), fornecendo uma “proto-teoria” do alvo, que ainda não foi explorado (FERRAZ e TERRAZAN, 2003). Na Figura 3 apresenta-se um modelo de raciocínio analógico.

Figura 3: Modelo de raciocínio analógico.



Fonte: Adaptado de Wilbers e Duit (2001, p.205).

Dessa forma, as analogias são utilizadas mais como uma ferramenta para permitir o levantamento de hipóteses, do que para prová-las. Para provar uma hipótese, deve-se fazer um teste empírico; por isso usar analogia é insuficiente para isso (FERRAZ e TERRAZAN, 2003).

Segundo Ferraz e Terrazan (2003), “deve haver uma “etapa” de reflexão entre a proposição do alvo e do análogo, tanto em relação ao análogo apresentado pelo professor e os possíveis análogos sugeridos pelos alunos”, essa etapa deve ocorrer durante a explicação da analogia. O professor deve levar em conta os possíveis análogos sugeridos pelos alunos e explorar as colocações dos alunos, esperando o que eles têm para falar sobre o assunto-alvo que está sendo proposto, esse é o período onde se abre a possibilidade para que estes gerem suas imagens mentais e esquemas intuitivos sobre o assunto apresentado (FERRAZ e TERRAZAN, 2003).

Para Ferraz e Terrazan (2003), essa é uma forma de tentar evitar que os alunos sejam simplesmente “confrontados” com os assuntos-alvo, objetos de ensino, e sejam mais participativos, já que sem a participação e envolvimento dos estudantes, a efetividade do uso deste tipo de recurso em aula fica limitada. Portanto, o que se busca, é uma atitude de cooperação entre aluno e professor, na qual, “é fundamental o

levantamento das concepções e imagens que os alunos possuem a respeito do conceito científico a ser ensinado, ou seja, o conceito-alvo, e conseqüentemente, as concepções que possuem do análogo que está sendo utilizado pelo professor” (FERRAZ e TERRAZAN, 2003, p.226). Podemos observar no Quadro 1, algumas categorias relacionadas ao nível de organização de analogias, para facilitar o ensino-aprendizagem, esclarecendo a forma como o professor, ou aluno as utilizam.

Quadro 1: Categorias relacionadas ao nível de organização de analogias, com suas respectivas descrições.

Categoria	Descrição
Analogias simples	São quase metáforas
Analogias do tipo simples referindo-se à função	Propõem uma característica funcional correspondente
Analogias do tipo simples referindo-se à forma	Propõem o domínio alvo em referência à forma do análogo.
Analogias do tipo simples referindo-se à função e à forma	Apresentam características referentes tanto à forma quanto à função.
Analogias do tipo simples referindo-se aos limites do análogo.	Introduz o domínio alvo e logo indica aonde a análoga falha
Analogias enriquecidas	Fazem o mapeamento explícito
Analogias duplas ou triplas	Dois ou três conceitos-alvo diferentes e complementares são explicados por dois ou três análogos, cada um correspondente a um domínio alvo.
Analogias múltiplas	Apresentam o conceito alvo e colocam mais de um análogo para explicar o mesmo alvo.
Analogias estendidas	São mais sistemáticas. Vários atributos do conceito alvo são explicados e fazem correspondências ao análogo. Também, uma analogia estendida pode incluir as limitações da relação analógica. Além disso, uma analogia estendida pode ainda conter mais de um análogo, complementar ao primeiro.

Fonte: FERRAZ e TERRAZAN (2001 *apud* RAMALHO, 2009).

Sendo assim, um modelo é uma forma de representação diferenciada a partir de interpretações, que tem como finalidade a melhor compreensão de certo assunto. Na construção de modelos, o aluno apropria-se de conceitos abstratos, constrói representações para estes conceitos e reconstrói seus modelos mentais. Nesta proposta, favorece-se a argumentação, fazendo com que professores e alunos

trabalhem de forma colaborativa, construindo assim uma aprendizagem interativa que vai além da memorização de fatos e informações.

Em geral, estas são razões importantes pelas quais os alunos devem aprender sobre os modelos e modelagem no Ensino de Química, como na Ciência e outros domínios. Na Química, o uso dos modelos é essencial para a construção de explicações para os fenômenos. Consequentemente, no Ensino de Química têm sido produzidas pesquisas que indicam resultados interessantes no processo de ensino e aprendizagem (JUSTI, 2015; PRINS, 2010; SILVA, 2013 e MIRANDA et al. 2015 entre outros autores).

Entre os temas onde a modelagem pode ser útil para o desenvolvimento de modelos mentais mais elaborados pelos alunos, está a Teoria Cinética dos Gases. O estudo dos gases é de grande importância para explicar situações cotidianas das mais corriqueiras, como a formação dos ventos até questões mais complexas. Para este trabalho, escolheu-se a Teoria Cinética dos Gases, pois se trata de tema central nos conteúdos de Química presentes no currículo de Ensino Médio, e se constitui através de explicações que demandam a caracterização no nível microscópico e simbólico do conhecimento. Assim, apresenta-se a seguir algumas características da Teoria Cinética dos Gases, e suas implicações para o processo de Ensino.

1.2 Modelo cinético dos gases

A Teoria Cinética dos Gases é um tema que pode explicar muitas situações cotidianas. Alguma vez, você já se perguntou por que a água ferve mais rápido em altitudes mais elevadas? Ou por que brinquedos infláveis, ou até uma bola de futebol, parece ter seu volume diminuído em um dia frio? Como e por que você pode sentir o cheiro de uma vela ou de um perfume por toda a casa? Todos estes fenômenos e muitos outros podem ser explicados pela Teoria Cinética dos Gases.

A Teoria Cinética dos Gases (também conhecida como Teoria Cinético-Molecular) é uma teoria que explica o comportamento de um gás ideal hipotético. Segundo esta teoria, os gases são compostos de minúsculas partículas, que se movem rapidamente de forma contínua e aleatória, podendo colidir umas com as outras e com as paredes do recipiente ou local onde estão confinados. Esta foi a primeira teoria para descrever a pressão do gás em termos de colisões com as paredes

do recipiente, e a Teoria Cinética também explica como os diferentes tamanhos de partículas de um gás podem ter diferentes velocidades individuais (LARSEN, 2015).

O cientista britânico James Clerk Maxwell e o físico austríaco Ludwig Boltzmann, no século XIX, trabalharam para estabelecer a teoria, que se tornou um dos conceitos mais importantes da Ciência Moderna. A Teoria Cinética dos Gases tem como objetivo descrever o comportamento deste estado de agregação através de um modelo conceitual simples. Este modelo estabelece um dos exemplos mais bonitos da relação entre o comportamento microscópico da matéria, e as propriedades que apresenta à escala macroscópica. A origem da Teoria Cinética possui um caráter mecanicista (NUNES, 2003).

Daniel Bernoulli, em 1738, apresentou no Tratado de Hidrodinâmica em Estrasburgo, a chave para a interpretação das peculiaridades do movimento dos fluidos ideais. Esse tratado se inicia com uma breve história da Hidráulica, seguida de uma pequena apresentação da Hidrostática. Porém, no decorrer dos treze capítulos, é aos fluidos elásticos - os gases - que Bernoulli dedica a parte mais importante da sua obra, esboçando uma Teoria Cinética dos Gases (PAIVA, ALBERTO e PEDROSA, 2005).

Em 1738, Bernoulli, afirmava que a pressão de um gás era consequência do impacto, das partículas que o compõem, com as paredes do recipiente onde estava contido. Todavia, a teoria que compreendemos hoje, teve sua origem em 1859, quando James Clerk Maxwell introduziu o conceito de caos molecular, o que refletiria o caráter aleatório do movimento das moléculas (NUNES, 2003).

Segundo Paiva, Alberto e Pedrosa (2005), para Bernoulli, esses fluidos são compostos "de minúsculas partículas que se deslocam de cá para lá, numa movimentação rápida". A ideia básica da sua Teoria Cinética é a de que a pressão de um fluido sobre a parede do recipiente que o contém é devida aos inúmeros choques (contra a parede) das pequenas partículas (moléculas) que compõem o fluido. A parede fica sujeita a diversas forças que, geralmente, correspondem a uma força constante, que é distribuída por toda superfície em contato com o fluido. Contudo, quando os conceitos de átomo e molécula se tornaram mais conhecidos na Química, por volta da metade do século XIX, os pressupostos da Teoria Cinética dos Gases foram realmente desenvolvidos (PAIVA, ALBERTO e PEDROSA, 2005).

O desenvolvimento da Termodinâmica, no final do século XIX, criou outra visão em relação ao tema da Teoria Cinética dos Gases. Mesmo que os fenômenos

térmicos pudessem ser estudados somente sob o ponto de vista macroscópico, os físicos imaginaram modelos microscópicos para explicar os fenômenos gasosos (PAIVA, ALBERTO e PEDROSA, 2005).

Assim em 1850, o alemão Rudolf Clausius formulou o segundo princípio da Termodinâmica e a Teoria Cinética dos Gases. Nessa teoria, a energia cinética média das moléculas de gás passa a ser indicada através da temperatura, sendo possível relacionar o calor específico dos gases com a composição molecular. Devido aos gases se difundirem lentamente, Clausius concluiu que, mesmo que as moléculas tivessem uma velocidade elevada, elas deveriam ter um livre caminho médio, muito pequeno entre as colisões (PAIVA, ALBERTO e PEDROSA, 2005).

James Maxwell também contribuiu para o desenvolvimento da Teoria Cinética dos Gases, introduzindo a hipótese de que os gases eram compostos por moléculas em constante movimento, colidindo com as paredes do recipiente e umas com as outras, assim como Bernoulli tinha descrito anteriormente. Maxwell se interessou precisamente pela formulação matemática dos fenômenos físicos, e deduziu a distribuição da velocidade das moléculas num gás em equilíbrio, ou seja, a chamada “distribuição de Maxwell” (PAIVA, ALBERTO e PEDROSA, 2005).

Maxwell, e Ludwig Boltzmann de forma independente, começaram a utilizar métodos estatísticos para analisar as grandes variações de velocidade das moléculas que constituíam os gases, derivando a distribuição de velocidades de Maxwell-Boltzmann, a partir de 1860. Maxwell também mostrou qual era a dependência dessa distribuição em relação à temperatura, e que o gás armazenava o “calor” através do movimento das suas moléculas (PAIVA, ALBERTO e PEDROSA, 2005).

A explicação de fenômenos como viscosidade, difusividade e condutividade térmica dos gases, foi feita a partir dessa teoria. Maxwell, com o auxílio da esposa, descobriu que a viscosidade dos gases era independente da pressão, a partir de experiências, e que a mesma é aproximadamente proporcional à temperatura, aumentando com a mesma, o que corresponde ao comportamento inverso dos líquidos. Devido a isso, Maxwell passou a considerar que as moléculas não colidiam elasticamente, mas sim se repeliam com uma força inversamente proporcional à sua distância elevada à quinta potência. Esta conclusão e os trabalhos posteriores de Boltzmann, de 1868, permitiram o completo desenvolvimento da Teoria Cinética dos Gases (PAIVA, ALBERTO e PEDROSA, 2005).

As propriedades macroscópicas de um gás junto a temperatura ambiente e pressão atmosférica podem ser descritas pelas leis elementares dos gases (Boyle-Mariotte, Charles e Gay Lussac e Avogadro) (NUNES, 2003). São leis experimentais que mostram como varia o volume de um gás quando a pressão e a temperatura desse gás variam, dando origem à equação dos gases perfeitos. Considerando que essas variações são transformações físicas, concluí-se que essas leis são mais pertinentes à Física do que à Química. Algumas expressões comumente usadas são:

- estado de um gás – são as condições de volume (V), pressão (P) e temperatura (T) em que esse gás se encontra;
 - variáveis de estado – são as grandezas V, P e T;
 - transformações gasosas – são as variações de V, P e/ou T.
- (FELTRE, 2004)

Com base nas variáveis de estado, podemos observar que dentre as propriedades mais evidentes de um gás, temos a sua grande capacidade de elasticidade, compressibilidade e sua grande expansão do volume quando é aquecido. Estas propriedades são quase as mesmas para todos os gases, e praticamente todos esses gases podem ser descritos com bastante precisão usando a seguinte equação universal de estado:

$$PV = nRT$$

Esta expressão é chamada de “equação do gás ideal” ou perfeito, uma vez que todos os gases reais mostram pequenos desvios que, embora tornam-se cada vez menos significativos, conforme a sua densidade diminui. Aqui P corresponde à pressão, V corresponde ao volume por mol, ou o volume molar, R é a constante universal dos gases, e T corresponde à temperatura. A expressão eventualmente falha em altas e baixas temperaturas, devido à ionização a altas temperaturas e à condensação de um sólido ou líquido a temperaturas baixas (MANSON, 2016).

A equação do gás ideal é uma fusão das três ideais leis dos gases, citadas anteriormente, que foram formuladas de forma independente. A primeira é a lei de Boyle, que se refere às propriedades elásticas do gás; foi descrita pelo cientista Robert Boyle em 1662 no seu famoso “... Experimentos. . . Tocando a Primavera do ar. . .”, Boyle afirma que o volume de um gás a uma temperatura constante é inversamente proporcional à sua pressão; ou seja, se a pressão de um gás é dobrada, por exemplo, o seu volume diminui pela metade. A relação também foi descoberta pelo físico francês Edme Mariotte (1676) (MANSON, 2016).

A segunda lei, geralmente é chamada de lei de Charles, e está relacionada à expansão térmica do gás. É nomeada em honra ao físico experimental Francês Jacques-Alexandre César Charles, pelo o trabalho que ele realizou por volta de 1787. A lei diz que o volume de um gás a pressão constante é diretamente proporcional à temperatura absoluta; ou seja, um aumento de temperatura de 1 ° C à temperatura ambiente faz com que o volume sofra um aumento de cerca de 1 parte em 300, ou 0,3 por cento. Esta relação empírica foi sugerida pela primeira vez por Charles em 1787, e mais tarde foi comprovada experimentalmente pelo químico Joseph-Louis Gay-Lussac (MANSON, 2016).

A terceira lei, incorporada na equação de estado, baseia-se na hipótese do cientista Amedeo Avogadro, em 1811, que afirmou que volumes iguais de gases à mesma temperatura e pressão contêm números iguais de partículas. O número de partículas (ou moléculas) é proporcional ao número de mols de N , a constante de proporcionalidade que corresponde ao número de Avogadro. No início do século XX, o francês Jean Baptiste Perrin, professor de físico-química, realizou vários experimentos que o levaram a concluir que o valor do número de Avogadro estaria entre $6,5 \times 10^{23}$ e $7,2 \times 10^{23}$ moléculas em cada mol de substância, e posteriormente foi descoberto o número mais preciso de $6,02 \times 10^{23}$ (SANTOS, s.d.). Assim, a temperatura e pressão constantes o volume de um gás é proporcional ao número de mols. Se o total de volume V contém n mols de gás, então, apenas o volume molar ($v = V/M$) aparece na equação de estado. Ao medir a quantidade de gás em mols e não em massa, a constante R é feita universal. Se a massa for medida em gramas (e, por conseguinte, v em volume por grama), então $R_{\text{gás}}$ terá um valor diferente para cada gás (MANSON, 2016).

Reunindo as três fórmulas vistas nas três leis físicas dos gases, chegamos à fórmula matemática: $P_1 V_1 T_1^{-1} = P_2 V_2 T_2^{-1}$ ou $PVT^{-1} = \text{CTE}$, que é a chamada equação geral dos gases. Isso significa que, por mais que variem o volume (V), a pressão (P) e a temperatura absoluta (T), a fração PVT^{-1} permanece constante. Matematicamente, essa idéia pode também ser traduzida assim:

$$PVT^{-1} = P_1 V_1 T_1^{-1} = P_2 V_2 T_2^{-1} = P_3 V_3 T_3^{-1} = \dots = P_0 V_0 T_0^{-1} = \text{constante}$$

Calculando o valor dessa constante, supondo que tivéssemos 1 mol de gás nas condições normais de pressão ($P_0 = 1 \text{ atm}$) e temperatura ($T_0 = 273 \text{ K}$). Sabemos que

1 mol de qualquer gás, nessas condições, ocupa o volume molar ($V_0 = 22,4$ litros.mol⁻¹). Consequentemente, teremos:

$$P_0V_0T_0^{-1} = \frac{1 \cdot 22,4}{273} = 0,082 \text{ atm.L.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Esse valor (0,082) é constante para 1 mol de qualquer gás, em condições normais de temperatura e pressão, por esse motivo, o valor 0,082 recebeu o nome de constante universal dos gases perfeitos, sendo representado habitualmente pela letra R (FELTRE, 2004). Como a energia pode ser expressa em muitas unidades, o valor de R irá mudar quando se lida com diferentes unidades de pressão e volume (o fator da temperatura é negligenciado porque a temperatura estará sempre em Kelvin, em vez de Celsius quando se utiliza a equação do gás ideal). Alguns valores de R são: 0.082057 L.atm.mol⁻¹.K⁻¹, 62.364 L.Torr.mol⁻¹.K⁻¹, 8.3145 m³.Pa.mol⁻¹.K⁻¹, 8.3145 J.mol⁻¹.K⁻¹, entre outros valores. (ATKINS, 2003)

Generalizando, diremos que: se para 1 mol de gás, temos $PVT^{-1} = R$, então:

- para 2 mols de gás, teremos $PVT^{-1} = 2R$
- para 3 mols de gás, teremos $PVT^{-1} = 3R$
- para n mols de gás, teremos $PVT^{-1} = nR$

Desta última expressão concluímos que: $PV = nRT$, esta equação é conhecida como equação de Clapeyron ou equação geral dos gases ou, equação de estado dos gases, evidentemente, só se aplica aos gases perfeitos ou ideais (FELTRE, 2004).

Esta equação não é tão exata para se aplicar aos gases reais, uma vez que cada molécula de um gás real, ocupa um certo volume e as moléculas estão sujeitas a forças intermoleculares. No entanto, a equação é usada como uma aproximação ao descrever o comportamento de um gás real, exceto quando o gás estiver em altas pressões ou temperaturas baixas (NEW WORLD ENCYCLOPEDIA, 2013).

A constante de um gás específico ou mistura de gases ($R_{\text{gás}}$) é dada pela constante universal dos gases (R), dividida pela massa molar (M) do gás ou da mistura. Considerando que a constante universal dos gases (R) é a mesma para todos os gases ideais, a constante de gás específico é aplicável a um determinado gás (ou mistura de gases, como o ar atmosférico) (NEW WORLD ENCYCLOPEDIA, 2013).

Para entender melhor as origens moleculares da lei dos gases ideais, $PV = nRT$, precisamos entender a Teoria Cinética Molecular dos Gases. Este modelo é usado para descrever o comportamento dos gases. Mais especificamente, é usado para

explicar as propriedades macroscópicas de um gás, tal como a pressão e temperatura, em termos dos seus componentes microscópicos, como átomos. Tal como a lei dos gases ideais, esta teoria foi desenvolvida em referência aos gases ideais, embora possa ser aplicada razoavelmente bem para os gases reais.

Na Teoria Cinético Molecular, temos como fundamentos que:

- as substâncias são constituídas de átomos ou moléculas característicos, que são as menores partes de uma substância capazes de conservar suas propriedades;
- estes átomos ou moléculas permanecem em movimento contínuo, caótico e desordenado;
- tais unidades interagem entre si de forma diferenciada dependendo da distância entre elas (MARQUES et al. 1994).

Na opinião de Netto (1999),

A teoria cinética assume basicamente que, “toda matéria é composta de uma enorme quantidade de minúsculas partículas invisíveis, sempre em incessante e caótico movimento”. Os gases, nessa teoria, são pensados como constituídos por uma coleção de numerosas moléculas livres, movendo-se e colidindo-se em alta velocidade, similarmente a uma coleção de bolinhas de aço agitadas dentro de uma caixa... (NETTO, 1999, s.p.)

A Teoria Cinética dos Gases permite, a partir de um modelo simples de esferas rígidas, obter valores quantitativos para as propriedades Termodinâmicas e de Transporte dos Gases. A história do desenvolvimento da Teoria Cinética demonstra a interação entre observação e experimentação. Pensar sobre as causas do comportamento dos gases envolve a construção de modelos e teorização.

No entanto, nem sempre essas representações expressam sentidos equivalentes àqueles do modelo mental que as originou, sendo que, frequentemente, esse problema está relacionado ao tipo de linguagem adotada no momento do desenvolvimento da representação do modelo. Esse fato pode levar os estudantes e até mesmo os professores a desenvolverem concepções equivocadas acerca da entidade modelada.

1.3 Dificuldades no ensino e aprendizagem do Modelo Cinético dos Gases

De acordo com Balen e Netz (2005), estudos realizados nas últimas décadas (p.e. VIENNOT, 1979 *apud* BALEN e NETZ 2005, p.30) demonstram que os estudantes ingressantes nos cursos universitários, oriundos das escolas de nível médio, possuem uma variedade de concepções alternativas (ou ideias ingênuas) resultantes de suas experiências do cotidiano, as quais, muitas vezes entram em conflito com as concepções científicas consideradas corretas.

Novick e Nussbaum (1978, *apud* BALEN e NETZ, 2005) indicam que essas concepções alternativas podem sobreviver através de muitas etapas da instrução e mesmo depois da conclusão dos cursos de graduação. Gabel, Samuel e Hunn (1987 *apud* BALEN e NETZ, 2005, p.30-31) lembram que se os estudantes não entendem qualitativamente um conceito químico ou físico antes de sua apresentação quantitativa, e é provável que eles executem manipulações inapropriadas das equações matemáticas.

As ideias dos estudantes sobre como funciona o mundo estão firmemente fixadas porque seu conhecimento conceitual é construído a partir do dia-a-dia de cada um. Para ocorrer a aprendizagem é necessário que o Ensino de Ciências identifique as visões de mundo dos estudantes e proporcione um caminho que promova a assimilação das concepções cientificamente aceitas (BALEN e NETZ, 2005). O Ensino da Física ou da Química deve estimular a aprendizagem que leve à compreensão conceitual dos fenômenos. Esta aprendizagem ocorre quando o conhecimento é construído pelo indivíduo.

Grosslight et al. (1991) através da pesquisa “*Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts*”, mostraram que os alunos possuem uma limitada compreensão do papel e funcionamento dos modelos e modelagem em Ciências, também revelaram que os estudantes geralmente não distinguem claramente os modelos das ideias e/ou fins subjacentes, e dados experimentais que apoiam ou refutam a validade ou utilidade de modelos. Em vez disso, os alunos acabam visualizando os modelos como brinquedos ou miniaturas de objetos da vida real, e poucos alunos entendem porque os modelos

são usados na Ciência. Além disso, muitos estudantes não experimentam o significado do processo de aprendizagem utilizando a modelagem (GROSSLIGHT et al. 1991).

Os problemas que os alunos trazem sobre modelos e modelagem sugere a necessidade de uma redefinição na trajetória de aprendizagem. Os alunos precisam compreender como e porque os modelos são construídos na Ciência, e qual processo de modelagem esta sendo utilizado (PRINS, 2010).

A motivação, estratégias e argumentação ocultam o desenvolvimento, a avaliação e a revisão dos modelos que são negligenciados no cenário tradicional e, portanto, ainda não estão claros para alunos. Uma suposição promissora é que “se os alunos se envolverem em um processo de modelagem efetivamente, seu entendimento irá contribuir para o desenvolvimento dos seus modelos, e a avaliação e testes dos modelos contribuirão para a evolução da compreensão dos mesmos” (Penner, Lehrer, e Schäuble, 1998; Roth, 1998 *apud* PRINS, 2010, p.12).

Em resposta a esta hipótese, várias estratégias de ensino têm sido desenvolvidas. Estas incluem, a incorporação de tarefas autênticas baseadas no modelo de Educação, engajamento em uma linha histórica do desenvolvimento do modelo, e concepção dos mesmos, incentivando a compreensão conceitual e para fomentar o desenvolvimento do raciocínio baseado em modelos (PRINS, 2010).

Em Química, para aprender a modelar, é vital conhecer as diferentes representações que podem ser usadas, em diferentes situações, aprender a aplicá-las e saber que para um mesmo conceito existem vários tipos de representações possíveis. Devido a essa situação, Greca e Santos (2005, p. 43-44), afirmam que “a aprendizagem de um modelo na Química implica aprender, além dos conceitos, as diferentes representações do mesmo, as regras dessas representações e como essas regras representam as relações entre os conceitos”.

Já na Física, segundo Greca e Santos (2005, p. 44) “a compreensão deve estar relacionada com a capacidade dos estudantes para perceber os fenômenos físicos, segundo uma determinada teoria e a formalização desta compreensão.” Portanto, um fenômeno ou processo em Física, só pode ser compreendido, se o estudante entender seus modelos físicos, e os enunciados que conformam a estrutura semântica da teoria, modificando ao mesmo tempo, a maneira de perceber cada fenômeno.

Os alunos devem entender o significado das equações matemáticas, percebendo que existem relações entre os conceitos envolvidos e as equações, sendo capazes, ao mesmo tempo, de perceber os fenômenos, segundo essas equações.

Quando se atinge esse processo duplo, a respeito de certo fenômeno, pode-se dizer que o estudante construiu um modelo mental apropriado, do modelo físico da teoria, de forma que seus “resultados” (explicações e adivinhações) coincidam com os cientificamente aceitos. Após esse processo “semântico”, faz-se necessária a utilização do modelo matemático, para que ocorra a tradução dos fenômenos à linguagem matemática, sendo uma etapa fundamental para completar a descrição dos fenômenos, segundo os princípios aceitos na Física (GRECA e SANTOS, 2005).

Em geral, o modelo físico é, a descrição quando os enunciados “da teoria se referem a um sistema ou fenômeno simplificado e idealizado” (GRECA e SANTOS, 2005, p.34). Por isso, pode-se supor, que no modelo físico de um gás, este seja composto por um conjunto de esferas que interagem através de colisões elásticas, o gás deixa de ser real para ser “ideal”, podendo assim ser aplicado ao mesmo enunciado da Teoria Mecânica Clássica (GRECA e SANTOS, 2005).

Portanto, de acordo com Greca e Santos (2005):

Os modelos físicos desenvolvem a potencialidade da teoria, originando-se de imagens e metáforas que delimitam os fenômenos: se a teoria científica constitui uma particular “concepção de mundo” determinando o tipo de perguntas e de explicações que podem ser formuladas, os modelos físicos determinam a forma pela qual são “percebidas” as classes de fenômenos vinculadas a eles. Os modelos são instrumentos de trabalho que permitem representar um problema de forma simplificada (GRECA e SANTOS, 2005, p.35).

Portanto, para trabalharmos conceitos como a “Teoria Cinética dos Gases” é necessário cuidado, pois, ao se fazer analogias com os alunos, muitas vezes eles acreditam que essa analogia, ou esse modelo “mental”, seja a representação da realidade. Esse tipo de pensamento chega a ser um pouco desanimador para os alunos em um primeiro momento, mas eles podem aprender a gostar da elaboração de modelos e pensar com muito mais liberdade, habilidade e imaginação, uma vez que eles percebam o alcance de modelos científicos. Assim escolheu-se para este trabalho a seguinte questão de pesquisa:

Ao utilizar este raciocínio analógico, discutido até então, a utilização de um modelo no ensino da Teoria Cinética dos Gases favorece a transferência de aprendizagem a situações cotidianas?

2. METODOLOGIA

Segundo Minayo, 2012, fazer ciência é trabalhar simultaneamente com teoria, método e técnicas, e esse tripé deve se condicionar mutuamente: o modo como fazemos depende do que o objeto demanda, e a resposta ao objeto depende das perguntas, dos instrumentos e das estratégias utilizadas na coleta dos dados.

As informações essenciais que servem de base para um raciocínio e discussão da análise qualitativa são apresentadas por Minayo (2012), de modo a facilitar a compreensão para os que buscam entender melhor como acontece a abordagem qualitativa.

Primeiro, deve-se conhecer os termos estruturantes das pesquisas qualitativas. A principal matéria prima é composta por um conjunto de substantivos que se complementam, são eles: experiência, vivência, senso comum e ação. E o movimento que informa qualquer análise se baseia em três verbos: compreender, interpretar e dialetizar (MINAYO, 2012). O verbo mais importante da análise qualitativa é compreender. Compreender é exercer a capacidade de colocar-se no lugar do outro, e como seres humanos, temos condições de exercitar esse entendimento.

Um ato contínuo que sucede à compreensão e também está presente nela é a interpretação: toda compreensão possui em si uma possível interpretação. Interpretar é elaborar as possibilidades projetadas pelo que é compreendido. Precisamos definir o objeto sob a forma de uma pergunta problematizadora e teorizá-lo. A indagação inicial norteia o investigador durante todo o percurso de seu trabalho. Qualquer investigação nada mais é do que a busca de responder à indagação inicial. É preciso investir no conhecimento acumulado, dialogando com ele ou em torno dele, para tornar o objeto um construto científico. O investigador deve escolher o marco teórico que vai adotar, detalhando os conceitos, as categorias e as noções que fazem sentido para sua pesquisa (MINAYO, 2012).

Deve-se delinear as estratégias de campo, para ter em mente que os instrumentos operacionais que também contêm bases teóricas são constituídos de sentenças (no caso dos roteiros) ou orientações (no caso da observação de campo), que guardam estreita relação com o marco teórico, sendo cada um desses elementos um tipo de conceito operativo pensado na teorização inicial (MINAYO, 2012).

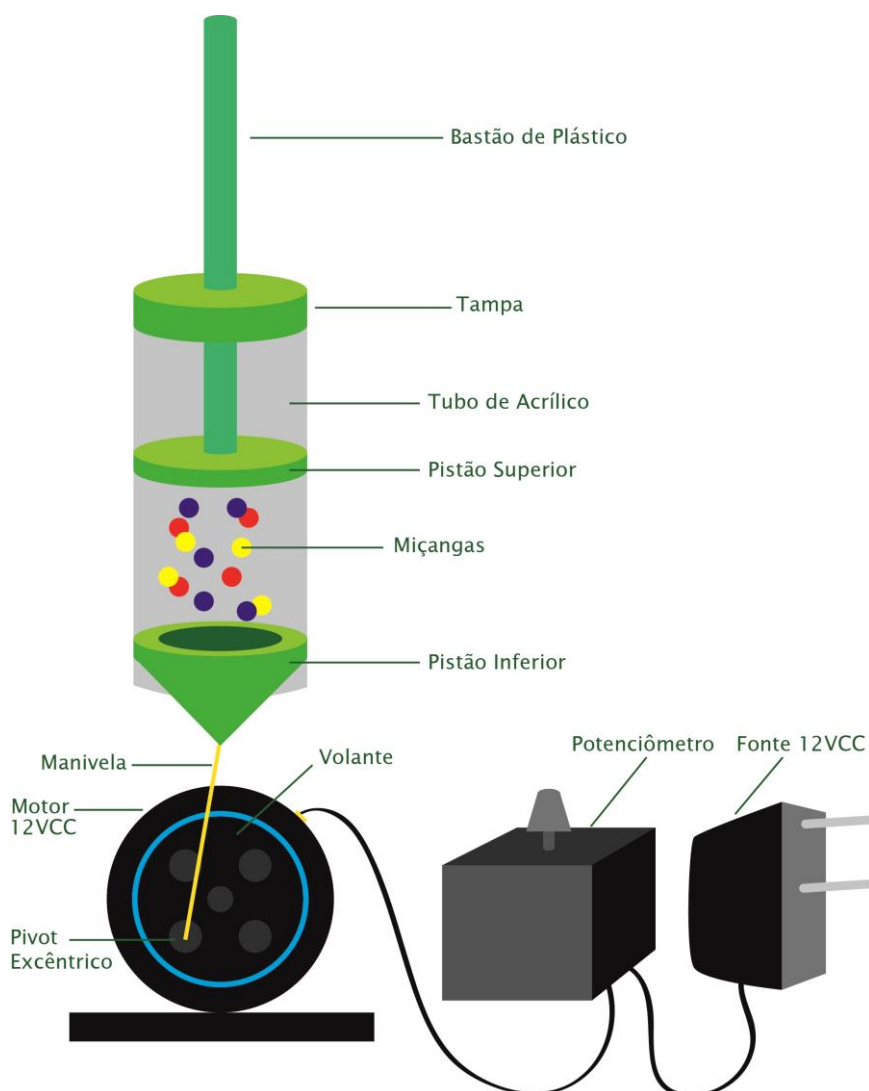
O percurso analítico e sistemático, portanto, tem o sentido de tornar possível a objetivação de um tipo de conhecimento que tem como matéria prima opiniões, crenças, valores, representações, relações e ações humanas e sociais sob a perspectiva dos atores em intersubjetividade. Desta forma, a análise qualitativa de um objeto de investigação concretiza a possibilidade de construção de conhecimento e possui todos os requisitos e instrumentos para ser considerada e valorizada como um construto científico (MINAYO, 2012).

A pesquisa aqui descrita se configura como uma pesquisa qualitativa descritiva, com base na análise de uma proposta didática estruturada na utilização de um modelo, especificamente construído para o ensino da Teoria Cinética dos Gases. A seguir são descritas a construção e aplicação do modelo, os sujeitos de pesquisa e a coleta e análise de dados realizadas.

2.1 Descrição do MMV e da atividade proposta

De acordo com a analogia utilizada pelo autor (NETTO, 1999), podemos utilizar um modelo chamado de MMV (Modelo Mecânico Vertical), como um “demonstrador do movimento molecular”, para nos auxiliar didaticamente no entendimento da Teoria Cinética dos Gases, proporcionando, assim, uma melhor compreensão do assunto. Para o desenvolvimento da atividade, construiu-se um protótipo que utilizou como base, o equipamento apresentado pelo autor em seu texto. Na Figura 4 apresentamos o esquema do equipamento construído.

Figura 4: Esquema do Modelo Mecânico Vertical



Fonte: Autora (Ilustração: André Daró, 2016)

Na construção do modelo, foi utilizado um motor de 12 volts de corrente contínua (vcc), aproveitado de um toca-fitas, para simular a variável temperatura no pistão inferior. Utilizaram-se miçangas para simular as partículas (átomos ou moléculas) de gás. Para regular a velocidade de rotação, foi adaptado um potenciômetro de 100k ao motor e o mesmo foi conectado a uma fonte de 12 vcc, a qual foi ligada à tomada para o funcionamento do equipamento. O cilindro foi feito com um “aplicador de glacê para bolos”, que já tinha seu próprio pistão, facilitando, assim, a montagem final. O suporte foi feito na marcenaria da Universidade. Na Figura 5, apresentamos o resultado final da montagem realizada.

Figura 5: Modelo Mecânico Vertical construído.



Fonte: Autora (Foto: André Daró, 2016)

O aparato MMV permite visualizar o movimento browniano, movimento aleatório das partículas do gás, podendo simular as variações de temperatura, volume e quantidade de matéria. Com a simulação das variáveis de estado, conseguimos explicar o conceito e aplicação das transformações gasosas (Lei de Boyle-Mariotte, Lei Gay-Lussac e Lei de Charles).

A energia cinética é transferida do pistão inferior, que é vibratório, para as miçangas (que simulam as partículas do gás) que se movimentam e se chocam (entre si e com as paredes do tubo) desordenadamente dentro do cilindro de plástico (NETTO, 1999). Assim, a temperatura de um sistema gasoso pode ser simulada variando-se a velocidade do motor, ou seja, uma maior frequência de oscilação do pistão inferior aumenta a energia cinética das partículas e, conseqüentemente, representa um aumento na temperatura do sistema (a velocidade das partículas é observável visualmente).

A posição do pistão superior, que define o volume do recipiente e, até então, havia sido mantida fixa durante o funcionamento do motor, pode ser alterada para demonstrar como a pressão – representada pela frequência de colisões entre as miçangas e as paredes do cilindro –, é afetada por variações de volume. Para isso,

deixamos o motor em uma velocidade constante (simulando um processo isotérmico) e, ao elevar o pistão superior, aumentando o volume, houve uma diminuição da frequência de colisões (perceptível pelo som). Inversamente, ao se abaixar o pistão superior, a redução do volume do cilindro acarretou um claro aumento da frequência de colisões.

Uma vez que, as miçangas representam as partículas que compõem o gás, demonstrou-se que, ao se introduzir mais delas no cilindro, a frequência de colisões aumentou, ou seja, uma maior quantidade de matéria confinada em um mesmo volume e à mesma temperatura implicará em uma maior pressão no sistema. Adicionalmente, a utilização de miçangas de cores diferentes proporcionou uma analogia excelente para demonstrar dois conceitos que, frequentemente, são de difícil compreensão para os estudantes: 1) em uma mistura de gases, cada componente ocupa a totalidade do volume do recipiente; e 2) a pressão total de uma mistura de gases é a soma das pressões parciais de cada um deles.

Com base nestas premissas, elaborou-se uma aula sobre "Gases" para aplicação do modelo científico construído e para verificarmos de que maneira a utilização do modelo apresentado favorece a explicação de fenômenos ligados ao comportamento dos gases, tendo por base os conceitos microscópicos relacionados à Teoria Cinética dos Gases.

2.1.1 Aplicação da atividade

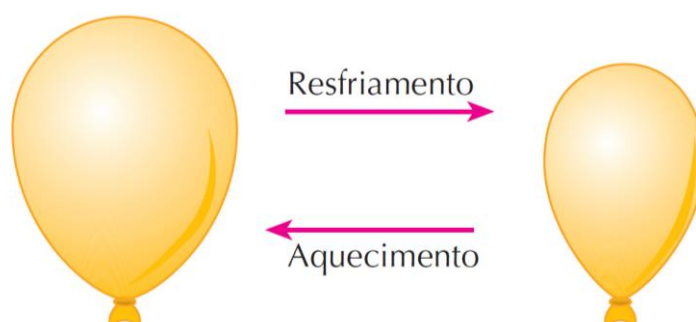
Para a aplicação do MMV, foi proposta uma aula sobre gases, onde iniciou-se retomando conceitos relativos às transformações da matéria, abordando os conceitos de sistemas homogêneo e heterogêneo, misturas heterogêneas e homogêneas e as mudanças de estado físico, a fim de que os estudantes fossem capazes de caracterizar o ar atmosférico como uma mistura de gases.

Foram discutidas, também, as variáveis de estado de um gás, ou seja, pressão, volume e temperatura, bem como suas influências no comportamento de substâncias gasosas. Utilizou-se, a seguir, o MMV e dois experimentos descritos a seguir na tentativa de propiciar aos alunos, com a ajuda dos professores, chegar à construção

dos conceitos relacionados às leis gerais que regem o estado gasoso (Lei de Boyle-Mariotte, Lei Gay-Lussac e Lei de Charles).

No primeiro experimento realizado, dois balões de mesmo diâmetro preenchidos com ar foram imersos em dois recipientes, sendo um com água quente e outro com água e gelo, com a finalidade de demonstrar o comportamento de um gás submetido a uma variação de temperatura (Figura 6), os alunos puderam observar que pode ocorrer juntamente a variação do volume, sendo a pressão a variável constante.

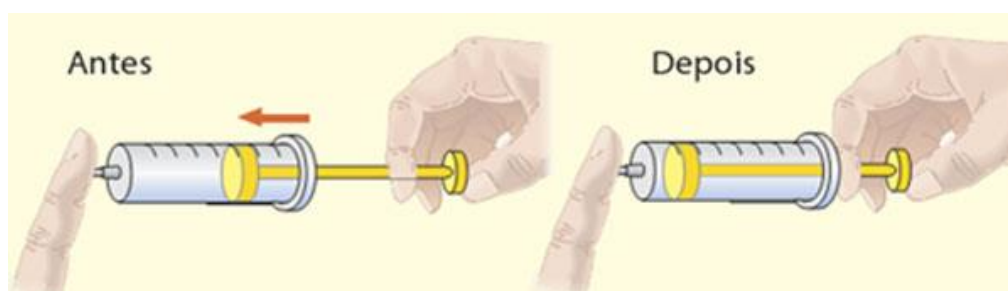
Figura 6: Ilustração do primeiro experimento realizado



Fonte: FELTRE, 2004.

No segundo experimento utilizou-se uma seringa cheia de ar (Figura 7). Foi solicitado que um aluno voluntário, colocasse o dedo na saída de ar da seringa, e então apertasse o êmbolo da mesma o máximo que conseguisse. Os alunos puderam perceber que o volume ocupado pelo ar diminuiu. O contrário também é verdadeiro, ao puxar o êmbolo, a pressão diminui, e o volume ocupado pelo ar aumenta, demonstrando que as variáveis são inversamente proporcionais, sendo a temperatura a variável constante.

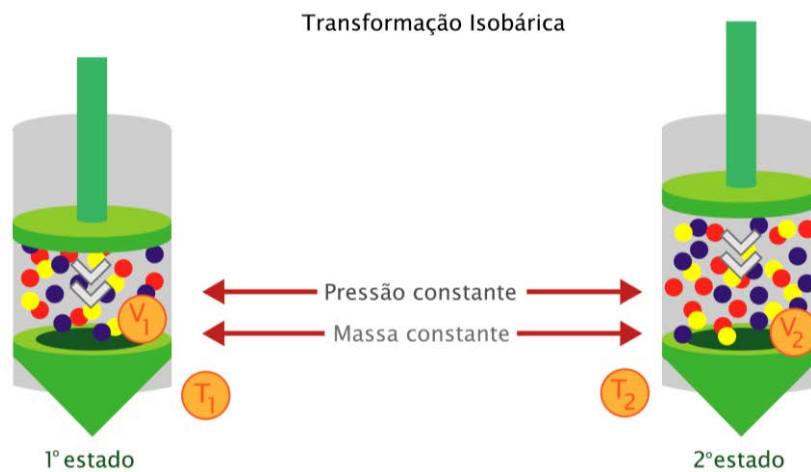
Figura 7: Ilustração do segundo experimento realizado



Fonte: <http://www.aulas-fisica-quimica.com/8q_07.html> Acesso em: 21/01/2016.

No terceiro experimento, foram feitas diferentes simulações utilizando o MMV. A primeira simulação foi uma transformação isobárica (pressão constante), variando a temperatura e o volume. No primeiro estado observado na Figura 8, temos a velocidade do motor como T_1 , quando variamos para uma maior velocidade T_2 , a pressão interna do sistema aumenta, tendo como consequência um aumento do seu volume para manter a pressão interna constante, observado no segundo estado. Essa simulação pode confirmar o que ocorreu com a bexiga no primeiro experimento.

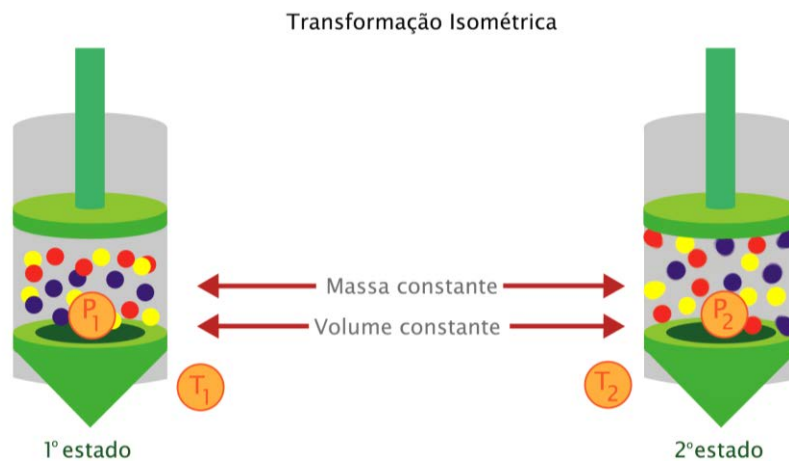
Figura 8: Primeira simulação: Transformação Isobárica



Fonte: Autora (Foto: André Daró, 2016)

A segunda simulação foi uma transformação isométrica (volume constante), variando a temperatura e pressão. No primeiro estado observado na Figura 9, temos uma menor velocidade do motor o que representa uma temperatura T_1 menor. Quando aumentamos a velocidade para T_2 , temos como consequência um aumento do número de colisões, aumentando a pressão interna do sistema, observado no segundo estado.

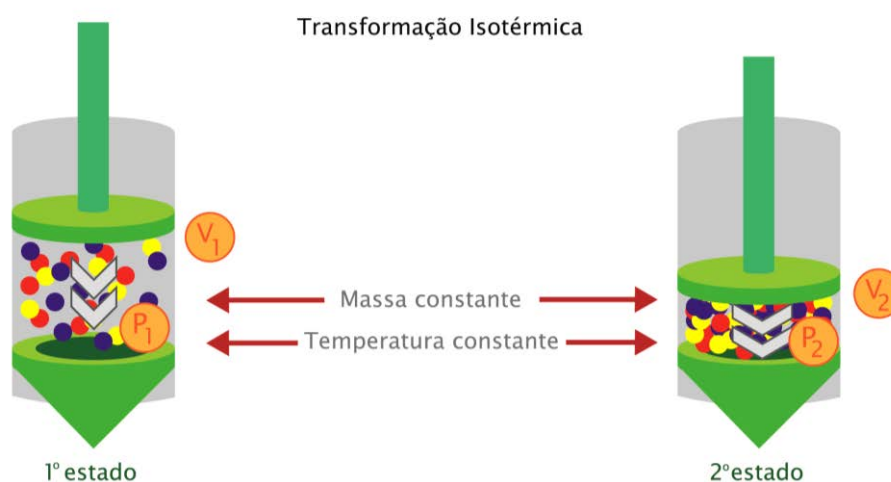
Figura 9: Segunda simulação: Transformação Isométrica



Fonte: Autora (Foto: André Daró, 2016)

A terceira simulação representa uma transformação isotérmica (temperatura constante), variando o volume e a pressão. No primeiro estado observado na Figura 10, temos um volume V_1 , e a pressão interna P_1 , quando diminuimos o volume para V_2 , temos como consequência um aumento da pressão interna do sistema para P_2 , observado no segundo estado. De acordo com a simulação, podemos afirmar que o volume é inversamente proporcional a pressão, assim como ocorreu no segundo experimento.

Figura 10: Terceira simulação: Transformação Isotérmica



Fonte: Autora (Foto: André Daró, 2016)

As atividades foram desenvolvidas com a finalidade de reconstruir com os alunos os conceitos de transformações gasosas isotérmicas, isométricas (ou isocóricas) e isobáricas, culminando na dedução da equação de estado, também conhecida como Equação de Clapeyron, originada a partir das leis gerais dos gases, citadas anteriormente.

Com a utilização do MMV, foi possível demonstrar todas as leis, (Lei de Boyle-Mariotte, Lei Charles-Gay-Lussac, Lei de Avogadro) ratificando os resultados dos experimentos anteriores.

2.2 Os sujeitos da pesquisa

As atividades foram desenvolvidas com quatro turmas da segunda série do Ensino Médio, em torno de oitenta alunos, regularmente matriculados em uma escola de Educação Básica Estadual, na cidade de Bauru-SP, escola parceira no Subprojeto PIBID - Licenciatura em Química da Faculdade de Ciências, UNESP e que aceitaram o convite realizado pelo professor supervisor vinculado ao subprojeto. A atividade foi aplicada de acordo com a necessidade do professor, portanto recomenda-se aplicar de acordo com o currículo de cada escola. Os alunos participaram da atividade de forma facultativa, e foram informados sobre como seria realizada essa pesquisa e qual seria sua participação. Entre os sujeitos de pesquisa haviam meninos e meninas, com faixa etária variando entre 15 a 18 anos.

2.3 A Coleta e Análise de Dados

Com o intuito de analisar a compreensão dos alunos a respeito do assunto explicado anteriormente, caracterizamos esta pesquisa como qualitativa descritiva. Busca-se, assim, uma análise descritiva que se desdobra na utilização de instrumentos escritos para levantamento e análise dos dados por meio do método de análise de conteúdo de Bardin (1994).

Esse tipo de análise conduz a descrições qualitativas, ajudando a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum. (MORAES, 1999)

Segundo Bardin (1994), a análise de conteúdo “é um método muito empírico, dependente do tipo de “fala” a que se dedica e do tipo de interpretação que se pretende como objetivo”. (BARDIN, 1994, p.30-31)

A matéria prima da análise de conteúdo pode ser qualquer material que seja verbal ou não verbal, oriundo da comunicação, como por exemplo: cartas, entrevistas, informes, vídeos, fotografias, desenhos entre outros. Porém, esses dados de diferentes

fontes, chegam ao investigador de forma “crua”, necessitando ser processados, para facilitar o trabalho de compreensão e da interpretação dos mesmos, que é o que se aspira com a análise de conteúdo. (MORAES, 1999)

De acordo com Moraes (1999), “a análise de conteúdo, em sua vertente qualitativa, parte de uma série de pressupostos, os quais, no exame de um texto, servem de suporte para captar seu sentido simbólico”, contudo, esse texto pode ter diferentes significados, pois o sentido nem sempre é manifesto, podendo ser focado em função de diferentes perspectivas. Com base nisso, Olabuenaga e Ispizúa (1989, p.185 *apud* MORAES, 1999) colocam que:

- o sentido que o autor pretende expressar pode coincidir com o sentido percebido pelo leitor do mesmo;
- o sentido do texto poderá ser diferente de acordo com cada leitor;
- um mesmo autor poderá emitir uma mensagem, sendo que diferentes leitores poderão captá-la com sentidos diferentes;
- um texto pode expressar um sentido do qual o próprio autor não esteja consciente. (MORAES, 1999, s.p.)

No caso do presente trabalho, utilizamos um questionário (apresentado no Apêndice A), do qual foram selecionadas as duas últimas questões para análise. Estas questões foram escolhidas, pois para que pudessem respondê-las, os alunos necessitavam utilizar os conhecimentos adquiridos na interpretação do fenômeno apresentado. As respostas dos alunos foram classificadas em unidades de sentido, baseando-se nos métodos da análise de conteúdo. Alguns exemplos de respostas dos alunos são apresentados no Apêndice B. As atividades foram realizadas como descrito neste trabalho e apresentamos na Figura 11 uma ilustração da aplicação do MMV.

Figura 11: Aplicação do MMV em sala de aula



Fonte: Autora

Os alunos responderam à atividade de aplicação dos questionários e entre as questões utilizadas nesta atividade, foram escolhidas duas questões apresentadas a seguir, para a análise que se propõe neste trabalho:

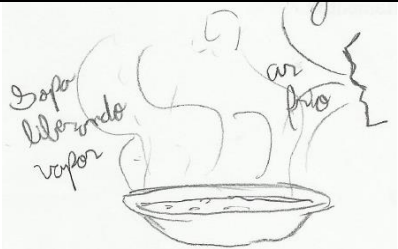
1. Quando você descasca uma mexerica, as pessoas a sua volta sentem o cheiro da fruta. Como você explica o fenômeno do cheiro se espalhar? Porque o cheiro seria menos perceptível no inverno?
2. Elabore um modelo para explicar por que a sopa esfria quando a sopramos.

As questões acima foram escolhidas, pois eram as mais adequadas para avaliar se o alunos realmente compreenderam os fenômenos propostos, uma vez que são aplicações cotidianas dos conceitos aprendidos em sala de aula. O estudante que realmente entender e compreender esses conceitos, é capaz de responder as questões de forma clara. A seguir, serão discutidas as respostas dos alunos, que foram primeiramente separadas em unidades de sentido e posteriormente em categorias.

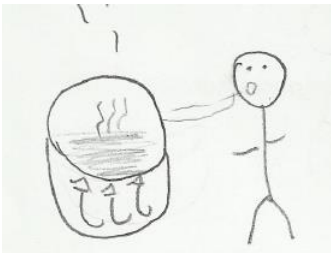
3. ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

No quadro 2, apresentam-se as respostas dos alunos categorizadas segundo as propostas desta linha de análise. Devido a grande quantidade de respostas, foram selecionadas algumas para cada categoria representada.

Quadro 2: Organização e análise dos dados

Categoria	Unidade de sentido	Exemplos
Movimento de partículas (57)	Agitação molecular (32)	"A sopa esfria, pois a temperatura das moléculas "diminui". Conforme a sopa esta na panela as moléculas estão agitadas, quando sopramos a sopa a agitação das moléculas é menor"
		"A agitação diminui quando sopramos o ar frio se mistura diminuindo a temperatura"
		"Pois as moléculas se agitam e liberam o cheiro"
		"O cheiro é menos perceptível devido a agitação molecular ser mais lenta"
		
	Velocidade das moléculas (15)	"Porque as moléculas estão mais devagar por conta da temperatura do ambiente" "Porque as moléculas que estão na superfície, que estão mais agitadas, liberando vapor, se sopramos elas vão sair, e "subira" outros vapores quentes, e se sopramos, "vai subir" outros e assim sucessivamente, até as moléculas diminuírem a velocidade de agitação, assim esfriando"
Moléculas se "acalmam" (10)	"Porque nosso ar é mais frio que o da sopa, permitindo que as moléculas se acalmem" "No frio as moléculas ficam mais calmas e no quente as moléculas estão mais agitadas"	
Expansão gasosa (69)	Expansão gasosa (20)	"Porque quando a temperatura esta menor, o volume se expande com maior dificuldade"
		"O gás se expande por que as moléculas estão mais dispersas"
	Tendência de ocupar o espaço disponível (17)	"O ar tem a tendência a "preencher" um espaço fazendo com que os gases se espalhem transmitindo o cheiro"
		"Na casca da mexerica há um gás que quando liberado ele se espalha"

Quadro 3: Continuação da organização e análise dos dados

Expansão gasosa (69)	Acelera a "liberação" de calor (7)	"Conforme se assopra, o vapor da sopa sai, porque acelera a liberação de calor da sopa" 
	"Moléculas se espalham" (13)	"Porque as moléculas vão se espalhando conforme o ambiente"
	Trocas gasosas (12)	"Quando assopramos saem algumas moléculas quentes e entram algumas frias"
Diferença de temperatura (7)	Menor temperatura (7)	"Pois a temperatura seria menor e o gás não espalharia tanto."
Volatilidade (1)	Substâncias voláteis (1)	"O cheiro se espalha, pois as substâncias que tem odor são voláteis"
Diferença de pressão (3)	Menor pressão (2)	"Porque as moléculas se espalham com menos pressão no inverno"
	Maior pressão (1)	"Quando sopramos a sopa fazemos com que as moléculas se agitem causando uma pressão sobre ela, fazendo então ela se esfriar"
Espaço entre moléculas (10)	Distância entre moléculas (4)	"Porque as moléculas estão agrupadas e menos dispersas, dificultando que o cheiro chegue ate outras pessoas"
		"Quando assopra as moléculas se separam provocando o esfriamento"
	Moléculas estão mais "juntas" (6)	"Porque as moléculas estão mais juntas" "Pois no frio as partículas expostas a baixas temperaturas, ficam mais juntas, se emitindo em menor volume"
Quantidade de moléculas (2)	Diminui o número de moléculas (2)	"Porque conforme você assopra as moléculas vão diminuindo"
		"Conforme sopramos a sopa, a diminuição nas moléculas"
Tamanho das moléculas (7)	Diminuem de tamanho (7)	"Porque no inverno as moléculas se compactam"
		"Porque as moléculas diminuem com o frio"

Uma das características importantes presentes nas respostas dos alunos refere-se à natureza particulada da matéria. A maior parte deles associa a difusão gasosa ao movimento das partículas, que é afetado pelas variáveis de estado. Em suas palavras, em relação à justificativa para o resfriamento da sopa ao ser assoprada, temos:

“Porque as moléculas que estão na superfície, que estão mais agitadas, liberando vapor, se soprarmos elas vão sair, e “subirá” outros vapores quentes, e se soprarmos, vai subir outros e assim sucessivamente, até as moléculas diminuírem a velocidade de agitação, assim esfriando.”

Percebe-se que os alunos são capazes de usar a analogia utilizada durante a aplicação do modelo, abstraindo, primeiramente de forma empírica, os conceitos do experimento realizado, para depois aplicá-los adequadamente a uma nova situação problema. As influências da temperatura e da pressão no comportamento dos gases são percebidas em diversas respostas e a variação na agitação molecular é sempre atribuída a estas variáveis.

“Porque as moléculas estão mais devagar por conta da temperatura do ambiente”

“O cheiro é menos perceptível devido à agitação molecular ser mais lenta”
(quando está frio)”

“Porque as moléculas estariam mais paradas por conta da temperatura baixa por isso seria menos perceptível”

Há, por outro lado, o uso inadequado da ideia de pressão, relacionada ao movimento gasoso. O aluno refere-se ao “espalhamento” do odor da fruta devido a uma menor pressão durante um dia frio, confundindo conceitos relacionados a pressão e temperatura, o que corrobora uma inadequação de compreensão muito comum no uso de modelos. Não é possível controlar a variável pressão de um gás a não ser como consequência de uma das outras variáveis, ou seja, temperatura, volume e quantidade de matéria (número de átomos ou moléculas). O aluno provavelmente confunde a diminuição ou o aumento de volume produzidos pela mudança de posição do pistão com aumento ou diminuição da pressão do gás. Em suas palavras,

“Porque as moléculas se espalham com menos pressão no inverno”

Além do uso inadequado para a ideia de pressão, temos certa “confusão” dos alunos, em consideração à quantidade de moléculas, e aumento ou diminuição do tamanho das mesmas, como por exemplo,

“Porque as moléculas diminuem com o frio”

“Porque as moléculas diminuem por causa do inverno”

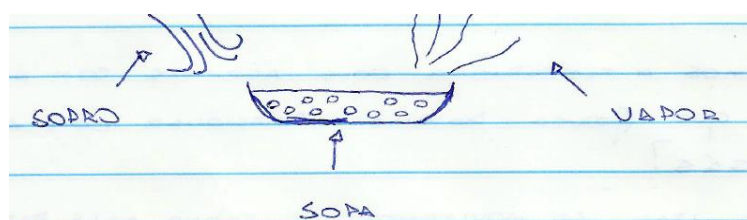
Estas inadequações são reportadas na literatura por diversos autores. Segundo Milaré, Marcondes e Rezende (2014), os alunos utilizam as propriedades

macroscópicas dos sistemas para explicar fenômenos microscópicos. Em suas palavras:

Como consequência, é comum que os estudantes concebam o mundo microscópico com as mesmas características do mundo macroscópico como, por exemplo, que as moléculas podem queimar como a madeira, que as moléculas mudam de forma e tamanho quando uma substância muda de estado físico (Andersson, 1986; Nakhleh, 1992) ou ainda que possuam dificuldades em compreender processos que envolvam gases, uma vez que não podem vê-los e acreditam que não possuem massa (Mas; Perez; Harris, 1987) (MILARÉ, MARCONDES e REZENDE, 2014, p.2).

Temos também, a compreensão inadequada com relação à quantidade de partículas. O aluno confunde a diminuição da temperatura, ou energia cinética da partícula, com quantidade de matéria, como podemos ver no exemplo da Figura 12.

Figura 12: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 1



“Quando se assopra a sopa, se “disperça” vapor, fazendo que as partículas da sopa diminua”

É importante que o professor perceba a necessidade de utilizar experiências didáticas que possibilitem não apenas a construção de conceitos, mas aplicações a situações novas ou cotidianas. De acordo com Marques et al.(1994), a reconstrução das representações dos aprendizes manifesta-se na utilização das mesmas, por analogia, a novas situações. Em suas palavras:

Do processo de construção de todo conhecimento participam a abstração empírica e a reflexiva. A primeira abstrai suas informações dos próprios objetos e a segunda, mais diferenciada, comporta reorganização mental que conduz a um plano onde há uma reconstrução da representação e uma elaboração, por analogia, dos conceitos envolvidos (MARQUES et al. 1994, p. 103).

Alguns alunos utilizaram desenhos como forma de explicação para os fenômenos nas questões propostas, como mostra a Figura 13.

Figura 13: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 2



“Se assoprar faz com que haja uma aceleração de diminuição de calor”.

O aluno referindo-se a uma movimentação com o espalhamento do ar quente a partir do ato de soprar e promovendo uma diminuição mais rápida da temperatura, fez o uso setas, ou seja, ao assoprar a sopa temos a diminuição da temperatura de uma forma mais rápida. O desenho auxilia o aluno na explicação, sendo assim uma forma de modelar o conhecimento que o mesmo utilizou para explicar o fenômeno ocorrido. Em outro exemplo (Figura 14), o aluno também faz uso de setas para a demonstração da liberação de calor da sopa.

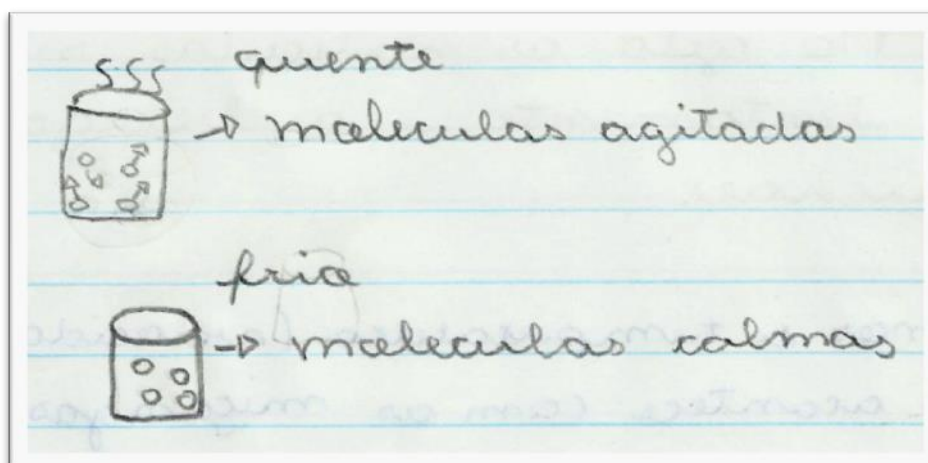
Figura 14: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 3



“Conforme se assopra, o vapor da sopa sai, porque acelera a liberação de calor da sopa”

Outro exemplo, que houve a utilização de setas para a explicação, podemos observar na Figura 15.

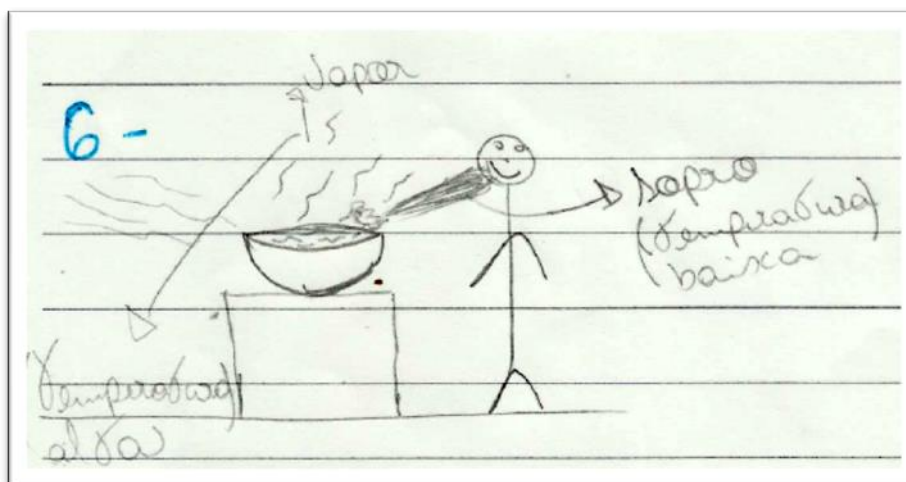
Figura 15: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 4



O aluno desenhou para responder a questão, demonstrando uma forma de modelar para expressar sua explicação. De acordo com o desenho, percebemos que se trata de uma analogia simples de forma e função, onde o aluno representa as moléculas quentes agitadas, e sua agitação esta representada pelos vetores, quando se sopra, há a predominância de moléculas em temperatura menor que a da sopa, portanto o aluno retirou o vetor, para representar a diminuição da agitação molecular, e conseqüentemente da temperatura.

Também foram feitos desenhos sem a utilização dos vetores, e o aluno conseguiu explicar o conceito de forma correta, através de uma analogia simples de função que pode ser observada na Figura 16.

Figura 16: Desenho para justificar o resfriamento da sopa 5

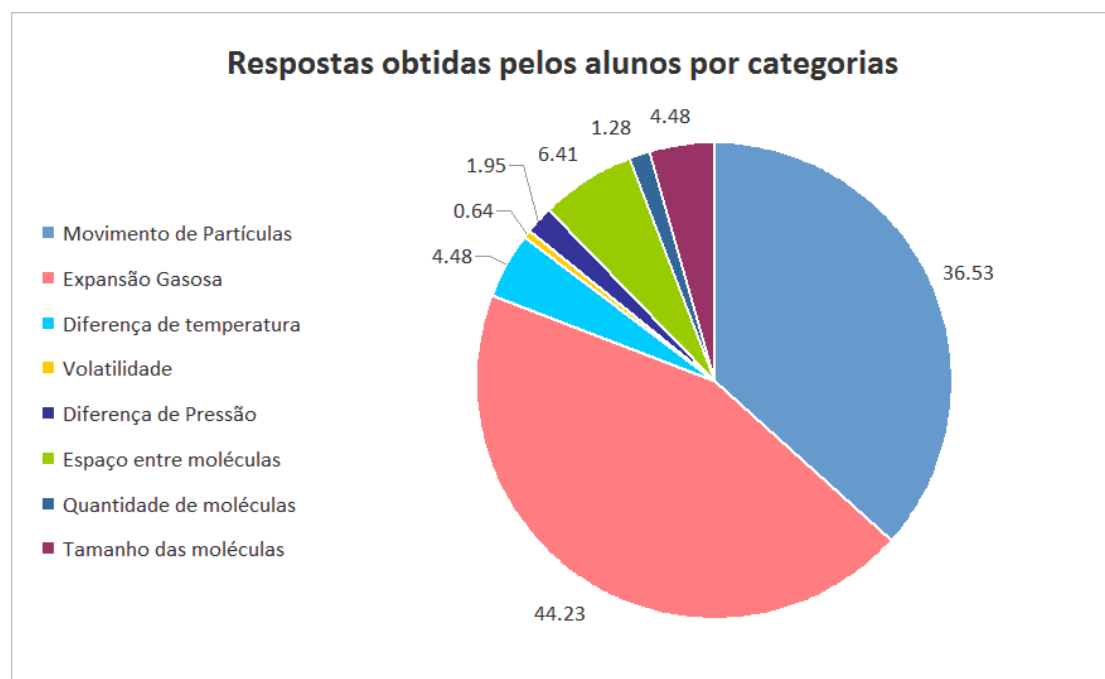


Nesse desenho, podemos observar que o aluno indica que ao soprarmos, o ar do nosso sopro, possui uma temperatura mais baixa e afasta o vapor, que apresenta uma temperatura mais alta, assim facilitando o resfriamento da sopa. O movimento gerado é que afasta as moléculas quentes mais rapidamente esfriando a sopa. O aluno expressa sua resposta de forma clara, indicando como o mesmo compreendeu o conceito abordado.

Segundo Clement (2000, *apud* FERREIRA e JUSTI, 2008), a atividade de elaborar modelos permite ao aluno visualizar conceitos abstratos pela criação de estruturas por meio das quais ele pode explorar seu objeto de estudo e testar seu modelo, desenvolvendo conhecimentos mais flexíveis e abrangentes. Sendo assim, os desenhos realizados pelos alunos demonstram que os mesmos elaboraram modelos explorando seu conhecimento a respeito do assunto abordado.

De uma forma resumida, podemos observar qual foi a maioria das respostas obtidas dos alunos, considerando 101 questionários respondidos, com aproximadamente 160 questões analisadas, segundo o gráfico 1:

Gráfico 1: Respostas apresentadas pelos alunos por categorias



Fonte: Autora

De acordo com o gráfico percebemos que a maioria dos alunos responderam as questões relacionando o fenômeno estudado a categoria de “expansão gasosa”

(44,23%), porém, na maioria dessas respostas, muitas citavam “agitação molecular” na mesma frase, demonstrando que os alunos foram capazes de relacionar mais de uma categorias para explicação do fenômeno alvo. A segunda categoria que obteve a maior quantidade de respostas foi a de “agitação molecular” (36,53%), que em ambas as questões, tanto da sopa quanto da mexerica, os alunos relacionam a resposta ao conceito ensinado. Um exemplo podemos ver a seguir:

“Quando sopramos a sopa quente, as moléculas que estão em movimento (agitação molecular), vão se expandindo (expansão gasosa) e diminuindo a movimentação entre elas”
“O calor faz com que haja mais agitação (agitação molecular), dessa maneira o cheiro se expande (expansão gasosa)”

De certo modo, a utilização do modelo facilitou aos alunos que tivessem uma melhor visualização dos fenômenos relacionados à Teoria Cinética dos Gases, fazendo com que a maioria explicasse os conceitos aprendidos, de forma correta, muitas vezes utilizando analogias múltiplas, nas quais apresentam o conceito alvo e colocam mais de um análogo para explicar o mesmo alvo.

Parece-nos que os alunos compreenderam a Teoria Cinética dos Gases, objetivo básico da intervenção realizada e conseguem descrever as partículas de um gás como sendo constituídas de átomos e moléculas que permanecem em movimento contínuo, caótico e desordenado e que se chocam entre si e com as paredes do recipiente que as contêm (MARQUES et al. 1994). Percebem também que, os gases, por suas propriedades, são capazes de ocupar o espaço disponível e que isto se justifica pelo movimento contínuo das partículas.

“Pois no frio as partículas expostas a baixas temperaturas, ficam mais juntas, se emitindo em menor volume.”

Não é possível afirmar que, todos os conceitos foram apreendidos pelos alunos, uma vez que analisamos apenas as aplicações imediatas dos conceitos abordados a situações práticas. Entretanto, o fato de a maioria dos alunos terem utilizado adequadamente os conceitos abordados para compreender situações cotidianas produz a indicação de que iniciaram a transferência de conhecimentos a outras situações, o que é um dos indícios de aprendizagem efetiva. Desta forma, pode-se afirmar que a utilização do MMV para o ensino da Teoria Cinética dos Gases e a transfêrencia desta aprendizagem para o cotidiano dos alunos foi favorecida.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do modelo MMV ajudou na explicação da Teoria Cinética dos Gases, e favoreceu a transfêrencia de aprendizagem a situações cotidianas dos alunos, pois os resultados obtidos foram satisfatórios.

A utilização do MMV usando “miçangas” como modelo das moléculas de gás, ajudou na reflexão de como funciona o seu comportamento, promovendo a imaginação sobre os seus caminhos e colisões, e sugere uma linha de pensamento para a explicação do movimento observado. Tais modelos moleculares são usados para ajudar os alunos a visualizarem melhor como ocorrem as colisões, e a desenvolver um pensamento construtivo.

A discussão do tema utilizando modelos físicos pode conduzir melhor o pensamento para compreender um modelo algébrico, por exemplo, da Teoria Cinética. O modelo algébrico pode ser usado para fazer previsões. A equação da pressão de um gás pode ser utilizada, por exemplo, para estimar a velocidade molecular e o percurso médio livre das moléculas. Ele também poderia levar a uma estimativa do número de Avogadro, a partir de algumas medidas simples. O Ensino utilizando modelos como estes não pode ser considerado como definitivo e único para demonstrar uma teoria, mas ajudam os alunos a visualizar e construir uma maior compreensão da teoria.

A Química teórica utiliza modelos como partes essenciais no quadro de construção do conhecimento. Todos os modelos possuem as suas limitações, bem como pontos fortes, e é essencial entender e reconhecer a ambos. Sem o pensamento imaginativo em termos de modelos, o conhecimento científico seria apenas uma pilha de fatos, codificada aqui e ali nas leis, pouco mais que um manual de dados.

Mesmo que não consigamos fazer evoluir as ideias dos estudantes para coincidir com os conhecimentos cientificamente aceitos, faremos com que eles pensem sobre a natureza da Ciência e sobre o papel desempenhado pelos modelos, quando utilizamos modelos de demonstração, como parte de nosso Ensino. Isso ajuda os alunos a utilizar o raciocínio e a imaginação, pois os mesmos tendem a “querer” procurar respostas para comprovarem a teoria visualizada por eles.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P. W. - **Físico-Química: Fundamentos**. 3 ed. LTC, 2003.
- BALEN, O., NETZ, P. A. - Aplicação da modelagem e simulação no ensino de modelos de sistemas gasosos. **ACTA SCIENTIAE** – v.7 – n.2 – jul./dez. 2005
Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/177/160>>
Acesso em: 10/01/2016.
- BARDIN, I. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições Setenta, 1994. 226 p.
- CHAMIZO, J. A. - A New Definition of Models and Modeling in Chemistry's Teaching - **Science & Education** 2011. Disponível em:
<http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/a_new_definition_of_models_and_modeling_in_chemistry.pdf> Acesso em: 15/12/2015.
- COSTA, P. P., JUSTI R., MOZZER N. B. - O processo de co-construção de conhecimento no contexto de atividades de modelagem e a produção de argumentos por estudantes do ensino médio. **Atas do VIII ENPEC 2011**. Disponível em:
<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiienpec/resumos/R0386-1.pdf>> Acesso em: 09/12/2015.
- FELTRE, R. **Química** – Volume 1. 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.
- FERRAZ, D. F., TERRAZAN, E. A. - Uso Espontâneo de Analogias por Professores de Biologia e o uso Sistematizado de Analogias; que relação? **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.
- FERREIRA, P. F. M. e JUSTI, R. S. – Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química nova na escola**, n. 28, p.32-36, maio 2008. Disponível em:
<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>>. Acesso em: 19 jun,2015.
- GILBERT, J.K. e BOULTER, C.J., Stretching models too far. Paper presented at the **Annual Meeting of the American Educational Research Association**, San Francisco, 1995.
- GRECA, I. M.; SANTOS, F. M. T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em Ciências: o caso da Física e da Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, 2005.
- GROSSLIGHT, L., UNGER, C., JAY, E., SMITH, C. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. **Journal of Research in Science Teaching**, 28(9), 799-822.
- JUSTI, R. - Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte: v.17, n.especial, 2015, p. 31-48
Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00031.pdf>> Acesso em: 20/11/2015.

JUSTI, R., Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, p. 209–230.

LARSEN, D. - **Kinetic Theory of Gases**. 2015. Disponível em: <http://chemwiki.ucdavis.edu/Physical_Chemistry/Physical_Properties_of_Matter/Phases_of_Matter/Gases/Kinetic_Theory_of_Gases/Kinetic_Theory_of_Gases> Acesso em: 13/01/2016.

MANSON, E. A. – Gas. 2016. **Encyclopædia Britannica Online**. Disponível em: <<http://global.britannica.com/science/gas-state-of-matter/Behaviour-and-properties>> Acesso em: 15/01/2016.

MARQUES, P. M. A.; BARREIRO, A. C. M; SOUZA, A.; GALEANO, E. Demonstração em teoria cinética. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 11, n. 2: p.100-104, ago. 1994.

MILARÉ, T., MARCONDES, M.E.R., REZENDE, D.B. Discutindo a Química do Ensino Fundamental Através da Análise de um Caderno Escolar de Ciências do Nono Ano. **Quím. Nova na Escola** – São Paulo-SP, 2014. Disponível em: <qnesc.sbq.org.br/online/prelo/AF-19-13.pdf> Acesso em: 22/01/2016.

MINAYO, M. C. S. - Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciênc. saúde coletiva [online]**. 2012, vol.17, n.3, pp. 621-626. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000300007> Acesso em: 08/01/2016.

MIRANDA, C. L., PEREIRA, C. S., MATIELLO, J. R., REZENDE, D. B. – Modelos Didáticos e Cinética Química: Considerações sobre o que se Observou nos Livros Didáticos de Química Indicados pelo PNLEM. **Química nova na escola**, vol. 37, n. 3, p.197-203, agosto 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/07-EA-08-14.pdf>. Acesso em: 19/11/2015.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

NETTO, L. F., **Teoria cinética dos gases I**. 1999. Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_12.asp> Acesso em 7 de mar. 2015.

NEW WORLD ENCYCLOPEDIA. New World Encyclopedia contributors, 'Gas constant', 2013, Disponível em: <http://www.newworldencyclopedia.org/p/index.php?title=Gas_constant&oldid=976703> Acesso em: 05/02/2016.

NUNES, V. M. B. - **INTRODUÇÃO À TEORIA CINÉTICA DE GASES**. 2003. Disponível em: <<http://www.docentes.ipt.pt/valentim/ensino/itcg.pdf>> Acesso em: 20/12/2015.

OLIVA, J.M., ARAGÓN, M.M., MATEO, J. , BONAT, M., Innovaciones didácticas: una propuesta basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de

lasciencias, **Revista de investigación y experiências didácticas**, v.19,n.03, p. 453-470 – 2001.

PAIVA, J., ALBERTO, P. V., PEDROSA, A. - **A teoria cinética dos gases, a sua evolução histórica e as biografias dos seus intervenientes**. 2005. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium/pt/pressao/n/dados/anexo8/index.html>> Acesso em: 19/12/2015.

PRINS, G. T. - **Teaching and Learning of Modelling in Chemistry Education: Authentic Practices as Contexts for Learning**. Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education, Utrecht University, 2010. Disponível em: <<http://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/44370/prins.pdf?sequence=2>> Acesso em: 28/11/2015.

RAMALHO, F. A. **Modelos mentais e representações analógicas de alunos da educação de jovens e adultos – EJA – no ensino de Ciências**. 2009. 153f. Tese (Mestrado em Educação Tecnológica) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais , Belo Horizonte, 2009

SANTOS, M. A. S. **O Número de Avogadro**. 2016. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-numero-avogadro.htm>> Acesso em: 03/02/2106.

SILVA, G. S. - **A Abordagem do Modelo Atômico de Bohr Através de Atividades Experimentais e de Modelagem**. 2013. 217f. Tese (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SOUZA, V. C. A. e JUSTI, R., Interloquções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para a energia envolvida nas transformações químicas, **Revista Ensaio**, v. 13, n. 02, p.31-46, maio 2011.

WILBERS, J.; DUIT, R. On the micro-structure of analogical reasoning: the case of understanding chaotic systems. In: BEHRENDT, H. et al. **Research in Science Education – Past, Present and Future**. Dordrecht: Kluwer, 2001. p. 205-210.

APÊNDICES

Apêndice A

Nome:

Turma:

Questionário – Estudo dos gases

1. a) Se colocarmos uma bexiga no sol, o que acontece? Porque?
b) E na água gelada?

2. Se aumentarmos a temperatura (velocidade do motor) o que acontece com as miçangas? De que forma podemos relacionar com a pressão do gás?

3. O que ocorre com as miçangas se diminuirmos o volume do cilindro? Como se explica isso?

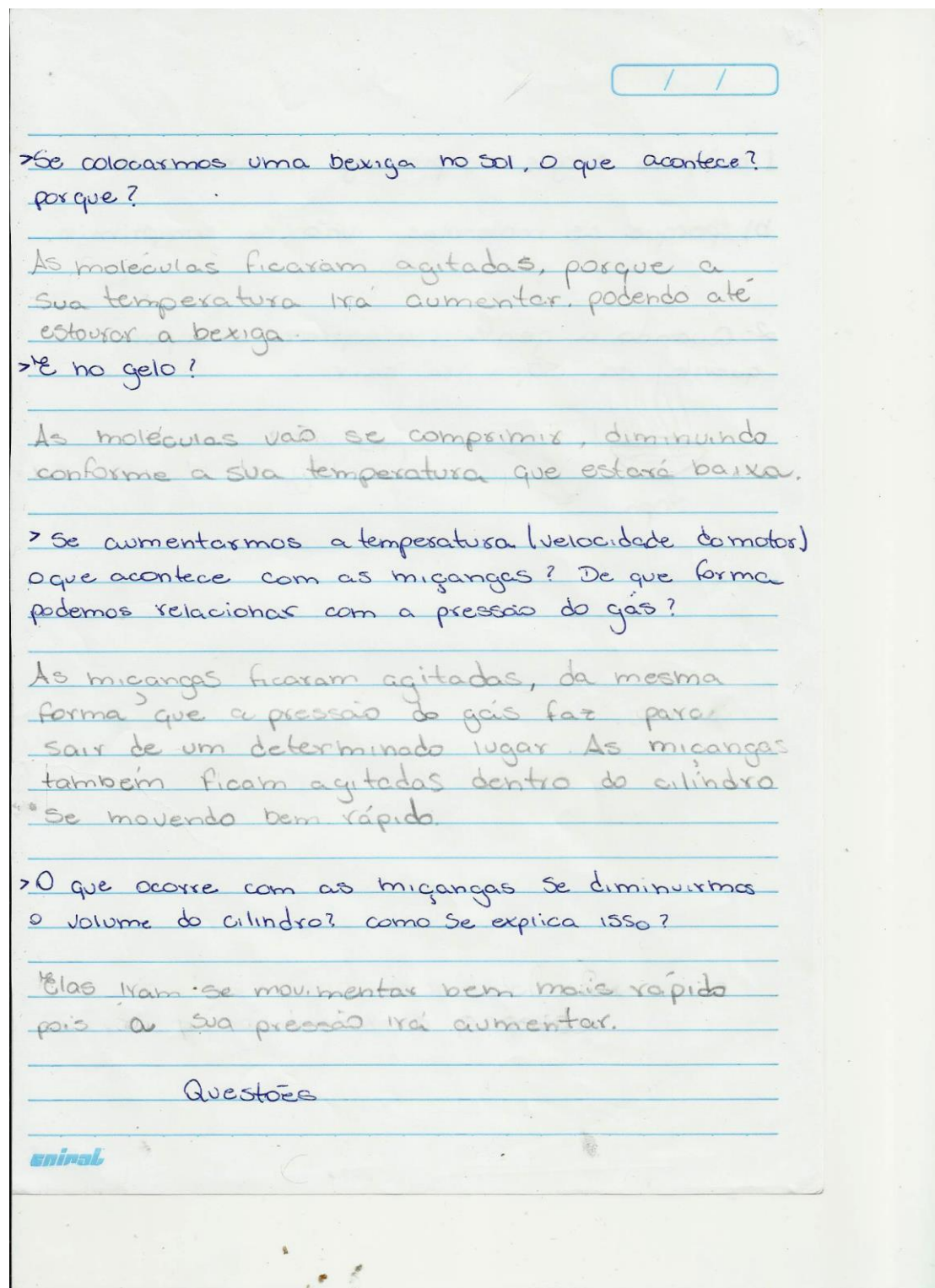
4. Quando você descasca uma mexerica, as pessoas á sua volta sentem o cheiro da fruta.
 - a) Como você explica o fenômeno de o cheiro se espalhar?

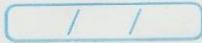
 - b) Porque o cheiro seria menos perceptível no inverno? Explique.

5. Elabore um modelo para explicar por que a sopa esfria quando sopramos.

Apêndice B

Exemplos de questionários respondidos:

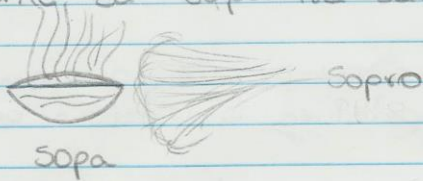




1-a) pois o gás se propaga no ambiente

b) porque as moléculas vão se comprimir.

2- Quando a gente assoprar o vapor quente da sopa irá sair



① Se colocarmos uma bexiga no sol, o que acontece? Porque?

A bexiga irá encher, porque as moléculas que estão dentro da bexiga começam se movimentar rapidamente, com isso a bexiga começa a encher.

② E no gelo? No gelo as moléculas se movimentam lentamente e a bexiga começa a murchar.

③ Se aumentarmos a temperatura (velocidade do motor) o que acontece com as miçangas? De que forma podemos relacionar com a pressão do gás?

Elas começam a se agitar. No gás se as moléculas estiverem em uma temperatura quente as moléculas começam a agitar.

④ O que ocorre com as miçangas se diminuirmos o volume do cilindro? Como se explica isso?

A pressão aumenta. Se aumentarmos a pressão o volume diminui.

⑤ a) Como você explica o fenômeno do cheiro se espalhar?

Na casca da melancia tem o gás e com isso quando descascamos o gás se espalha.

01/11/81

b) Porque a cheira seria menos perceptivel no inversa? ①

No fria as moleculas ficam mais calmas e no quente as moleculas estao mais agitadas

② Elabore um modelo para explicar por que o opa esfria quando sapirama



quente

→ moleculas agitadas



fria

→ moleculas calmas