

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
E MATEMÁTICA

CONTRIBUIÇÕES DA CONTEXTUALIZAÇÃO E MODELAGEM SOB O
ENFOQUE SIMBÓLICO-MATEMÁTICO NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DA ESTEQUIOMETRIA

CARLOS EDUARDO PEREIRA AGUIAR

MANAUS- AM

2017

CARLOS EDUARDO PEREIRA AGUIAR

**CONTRIBUIÇÕES DA CONTEXTUALIZAÇÃO E MODELAGEM SOB
O ENFOQUE SIMBÓLICO-MATEMÁTICO NO PROCESSO DE
ENSINO-APRENDIZAGEM DA ESTEQUIOMETRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal do Amazonas, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, linha de pesquisa Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática.

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO BARBOSA DE CASTILHO

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo autor.

A282c Aguiar, Carlos Eduardo Pereira
Contribuições da Contextualização e Modelagem sob o
Enfoque Simbólico-Matemático no Processo de Ensino-
Aprendizagem da Estequiometria / Carlos Eduardo Pereira
Aguiar. 2017
163 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Barbosa de Castilho
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e
Matemática) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Ensino de Química. 2. Contextualização. 3.
Modelagem. 4. Estequiometria. I. Castilho, Prof. Dr.
Roberto Barbosa de II. Universidade Federal do
Amazonas III. Títul

CARLOS EDUARDO PEREIRA AGUIAR

**CONTRIBUIÇÕES DA CONTEXTUALIZAÇÃO E MODELAGEM SOB O
ENFOQUE SIMBÓLICO-MATEMÁTICO NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DA ESTEQUIOMETRIA**

Aprovado em: 12 de Maio de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Barbosa de Castilho (Presidente)

Prof. Dr. Renato Henriques de Souza (Membro interno)

Profa. Dra. Josefina Barrera Kalhil (Membro externo)

MANAUS- AM

2017

DEDICATÓRIA

- ✓ *À minha família,*
- ✓ *Meu pai Euclides pelo exemplo irrepreensível de homem e profissional.*
- ✓ *Minha mãe Maria Alice (in memoriam) pelo ensinamento da perseverança nas batalhas da vida.*
- ✓ *Minha esposa Rosana por acreditar no nosso amor incondicional e paciência pela minha ausência para estudar.*
- ✓ *Meus filhos Felipe e Dayane por trilharem o caminho do bem.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, que é a minha sustentação e a luz que me ilumina em todos os momentos em que me deparo com dificuldades.

Ao meu estimado Amigo, Professor e Orientador Roberto Barbosa de Castilho, que acreditou em mim, me incentivou, e me permitiu crescer e chegar ao final desse processo transformador, enquanto era mestrando.

Aos Professores Paulo Rogério da Costa Couceiro e Tereza Cristina, ambos do Departamento de Química da UFAM, por confiarem a mim as cartas de recomendação que possibilitaram meu ingresso no programa de mestrado.

Aos meus queridos Colegas, Professores do Curso de Mestrado que, em muitos momentos, de alguma forma, partilharam saberes, alegrias e angústias.

Aos professores Josefina Barrera Kalhil, Yuri Expósito Nicot e Renato Henriques de Souza que participaram com a leitura atenta desta dissertação e suas valiosas contribuições na Banca de Qualificação e/ou Defesa Final.

A todos os Sujeitos de pesquisa, pelos aprendizados, disponibilidade e confiança.

A todos os meus discentes e ex-discentes que acreditaram no meu trabalho de ensino, onde procurei transmitir-lhes o melhor do meu conhecimento.

RESUMO

Este trabalho de pesquisa centralizou-se na investigação de como a contextualização e a modelagem poderiam contribuir para minimizar as dificuldades de aprendizagem, no ensino do conteúdo estequiometria, na disciplina química Geral I, sob o enfoque simbólico-matemático da estrutura da matéria e suas transformações, manifestadas por discentes recém-formados no ensino médio, matriculados nos cursos de Engenharia e Geologia na Universidade Federal do Amazonas-UFAM, oriundos de escolas públicas e privadas, da cidade de Manaus. A metodologia aplicada na pesquisa teve o caráter qualitativo com uma abordagem participativa, utilizando como recursos, aulas teóricas, atividades de modelagem e dinâmicas interativas, contextualizadas com o cotidiano e mediadas pelo professor. Para a coleta de dados, foram instituídos instrumentos de avaliação do processo sob a forma de questionário de verificação de conhecimentos (pré-atividade), com questões abertas e fechadas, resolução de problemas, atividades práticas (de modelagem) e questionário final da pesquisa, contendo atividades avaliativas acerca do tema estudado e de opinião sobre as estratégias aplicadas. Como resultado da pesquisa verificou-se que a contextualização e a modelagem são estratégias alternativas de ensino que podem se constituir num recurso metodológico que estabeleça uma conexão entre conhecimentos prévios e os científicos, permitindo, aos discentes, articular eficazmente os níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico) que envolvem os conceitos químicos estruturais da matéria e suas transformações e, conseqüentemente, uma aprendizagem significativa do conteúdo estequiometria.

Palavras-chave: Ensino de Química, Contextualização, Modelagem, Estequiometria.

ABSTRACT

This research focused on the investigation of how contextualization and modeling could contribute to minimize learning difficulties in the teaching of the stoichiometry content in the General I chemical discipline under the symbolic-mathematical approach of the structure of matter and its transformations, Manifested by newly graduated high school students enrolled in Engineering and Geology courses at the Federal University of Amazonas-UFAM, from public and private schools in the city of Manaus. The methodology applied in the research was qualitative with a participatory approach, using as resources, theoretical classes, modeling activities and interactive dynamics, contextualized with daily life and mediated by the teacher. For the data collection, instruments were used to evaluate the process in the form of a questionnaire to verify knowledge (pre-activity), with open and closed questions, problem solving, practical activities (modeling) and final questionnaire of the research, Containing evaluative activities about the subject studied and opinion about the applied strategies. As a result of the research, it was verified that contextualization and modeling are alternative teaching strategies that can be a methodological resource that establishes a connection between previous knowledge and scientists, allowing students to effectively articulate levels of representation (macroscopic, Submicroscopic and symbolic) that involve the structural chemical concepts of matter and their transformations and, consequently, a meaningful learning of the stoichiometry content.

Keywords: Chemistry Teaching, Contextualization, Modeling, Stoichiometry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Focos de interesse da Química.....	41
Figura 2 – Triângulo de significados em Química.....	61
Figura 3 – Gráfico percentual dos grupos que modelaram corretamente no primeiro momento.....	108
Figura 4 – Gráfico percentual dos grupos que modelaram corretamente no segundo momento.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Atividades planejadas para alcançar os objetivos específicos da pesquisa.....	68
Quadro 2 – Trechos das falas escritas pelos graduandos sobre a Química.....	83
Quadro 3 – Respostas dadas à questão 1 (QVC) – Reação de combustão do papel.....	91
Quadro 4 – Respostas dadas à questão 3 (QVC) – Reação de oxidação do ferro....	92
Quadro 5 – Respostas dadas à questão 2 (QVC) – Representação de equação química.....	93
Quadro 6 – Respostas dadas à questão 4 (QVC) – Representação simbólica da reação química.....	94
Quadro 7 – Respostas dadas à questão 5 (QVC) – Reconhecer o significado da unidade mol.....	95
Quadro 8 – Respostas dadas à questão 6 (QVC) – Significado da quantidade de matéria e sua relação com a massa.....	96
Quadro 9 – Respostas dadas à questão 7 (QVC) – Relações atribuídas à grandeza quantidade de matéria.....	97
Quadro 10 – Respostas dadas à questão 8 (QVC) – Significado do conceito de reagente limitante.....	98
Quadro 11 – Respostas dadas à questão 9 (QVC) – Relações atribuídas ao conceito de rendimento com o grau de pureza das substâncias e a eficiência da reação.....	99
Quadro 12 – Comparativo dos resultados obtidos sobre as dificuldades de aprendizagem.....	100
Quadro 13 – Quantidade de grupos que realizaram a 1ª modelagem coerentemente.....	107
Quadro 14 – Respostas dadas à questão 1 (QFP) – Representação simbólica da reação química.....	110
Quadro 15 – Respostas dadas à questão 2 (QFP) – Representação simbólica da reação química.....	111
Quadro 16 – Respostas dadas à questão 3 (QFP) – Cálculos estequiométricos envolvendo reagente limitante e em excesso, sem uso de modelos.....	112

Quadro 17 – Respostas dadas à questão 4 (QFP) – Cálculos estequiométricos envolvendo reagente limitante e em excesso, com uso de modelos.....	112
Quadro 18 – Respostas dadas à questão 6 (QFP) – Uso de tampas coloridas de PET e do material em E.V.A.....	113
Quadro 19 – Respostas dadas à questão 7 (QFP) – Conhecimentos relacionados aos conceitos de conservação da matéria, das massas, de reagente limitante e em excesso, com uso da modelagem.....	114
Quadro 20 – Quantidade percentual dos conceitos obtidos no “Desafio Estequiométrico”	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência relativa de respostas sobre a Química para o curso.....	81
Tabela 2 – Frequência relativa de respostas sobre as atividades realizadas semanalmente.....	81
Tabela 3 – Frequência relativa de respostas sobre as atividades realizadas nos fins de semana.....	82
Tabela 4 – Frequência relativa de respostas sobre o que pretende fazer após a formação superior.....	82
Tabela 5 – Categorias das respostas e respectivos percentuais sobre as dificuldades de aprendizagem em estequiometria.....	87

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATD: Análise Textual discursiva.

CC: Componente(s) Curricular(es).

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

CNT: Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade.

DCNEM: Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

EM: Ensino Médio.

ENG: Engenharia.

E.V.A.: Etil Vinil Acetato (Acetato de etil vinila).

GEO: Geologia.

ICE: Instituto de Ciências Exatas.

IUPAC: União Internacional da Química Pura e Aplicada.

LD: Livro(s) Didático(s).

LDB: Lei de Diretrizes e Bases.

LDBEN: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

OCEM: Orientações Curriculares para o Ensino Médio.

PCN+: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias).

PCNLEM: Programa do Catálogo Nacional do Livro para o Ensino Médio.

PET: Polietileno tereftalato.

QFP: Questionário final da pesquisa.

QSE: Questionário socioeconômico.

QVC: Questionário de verificação de conhecimentos.

UFAM: Universidade Federal do Amazonas.

SI: Sistema Internacional de Medidas.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	15
Capítulo 1- O CONTEÚDO DE ESTEQUIOMETRIA NO ENSINO BÁSICO.....	25
1.1 - O ensino da estequiometria: uma revisão da literatura.....	25
1.1.1 - Recursos didáticos.....	26
1.1.2 - Dificuldades de aprendizagem.....	28
1.1.3 - Sequências didáticas.....	33
1.1.4 - Da Discussão da quantidade de matéria e suas relações.....	35
1.2 – O Ensino de Química sinalizado pelos documentos curriculares oficiais e pela literatura.....	39
Capítulo 2 – A CONTEXTUALIZAÇÃO: Estratégia ou princípio norteador no ensino de Química e da estequiometria.....	45
2.1 - Os significados da contextualização do e para o ensino.....	45
2.2 – A contextualização nos documentos curriculares oficiais da educação básica e na literatura.....	47
2.3 - A contextualização dos conteúdos nos livros didáticos.....	48
2.4 - A contextualização no ensino de Ciências e da Química.....	49
2.5 - Contexto para a abordagem da contextualização.....	51
Capítulo 3 – A MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS E DA QUÍMICA.....	53
3.1 - Breve histórico da modelagem na Ciência.....	53
3.2 - Algumas considerações sobre as definições de modelos.....	55
3.3 - A conceituação dos modelos explicativos e suas tipologias.....	56
3.4 - Os modelos didáticos no ensino.....	58
3.5 - O ensino da estequiometria através do uso da modelagem.....	61
Capítulo 4 – PERCURSO METODOLÓGICO.....	63
4.1 - O ambiente e os sujeitos participantes da pesquisa.....	65

4.2 - Aspectos do percurso metodológico da pesquisa.....	66
4.3 - Proposta metodológica do ensino.....	68
4.4 - A unidade didática ou sequência de atividades.....	70
4.4.1 – Objetivos da aplicação da sequência didática.....	71
4.4.2 – Seleção do conteúdo estequiometria.....	72
4.4.3 – Atividades da sequência didática.....	73
4.4.4 – Avaliação da sequência didática como instrumento de coleta.....	74
4.5 - A utilização da estratégia de contextualização.....	75
4.6 - O material da atividade de modelagem.....	76
4.7 - Análise textual discursiva.....	77
Capítulo 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	80
5.1 – Perfil dos estudantes.....	80
5.2 – Identificação das dificuldades dos estudantes e seus conhecimentos necessários à sua aprendizagem.....	83
5.2.1 – A literatura e as dificuldades identificadas.....	85
5.3 – As contribuições da contextualização.....	101
5.4 – As contribuições da modelagem como atividade experimental na sala de aula.....	104
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
REFERÊNCIAS.....	121
APÊNDICES.....	133
ANEXOS.....	154

APRESENTAÇÃO

A pesquisa neste trabalho foi motivada, inicialmente, por dificuldades de aprendizagem vividas durante o período de estudante do ensino médio e, posteriormente, após o curso de licenciatura, por observações feitas em sala de aula, atuando, ao longo de anos, como professor das disciplinas Ciências e Química, tanto em escolas da rede pública quanto da rede privada, não só na cidade de Manaus, como também nas cidades de Marabá-PA e da Baixada Santista (Praia Grande e São Vicente-SP), nos segmentos fundamental e médio, e ainda enquanto Professor Supervisor do Projeto Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência-PIBID, da UFAM, vindo a ter continuidade em pesquisas posteriores, desenvolvidas durante o período como mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da UFAM.

Diante deste contexto, mais especificamente no âmbito do curso de mestrado, houve a oportunidade de aprender e vivenciar estratégias de ensino que promoveram o desenvolvimento de competências essenciais para a elaboração de um projeto de pesquisa com o objetivo de verificar como o uso de estratégias metodológicas, como a contextualização e modelagem, poderiam contribuir no ensino do tema estequiometria, considerado em algumas pesquisas como sendo de difícil aprendizagem, uma vez que exige dos estudantes uma interpretação do significado e operação de cálculos estequiométricos, referentes à representação de estruturas submicroscópicas¹ envolvendo explicações conceituais, que nas aulas e Livros Didáticos (LD) da área, seja no ensino médio ou universitário, têm se distanciado dos objetivos e finalidades do ensino médio, conforme preconizam as OCNEM (2006).

Desse modo, o tema estequiometria foi planejado, implementado e avaliado no Componente Curricular (CC) Química Geral nos cursos de graduação em Engenharia (ENG) e em Geologia (GEO), da UFAM, que contemplaram a abordagem da temática desta pesquisa. Nas atividades didáticas desenvolvidas nos cursos investigados, discussões sobre abordagens de situações vivenciais (como a estequiometria das receitas de bolo, por exemplo, envolvendo as proporções de cada ingrediente) no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) foram registradas e analisadas, permitindo a realização de pesquisas sobre objetos de estudo diversos.

¹Partículas não visíveis em microscópios ópticos. Átomos, moléculas e supramoléculas possuem a dimensão dos nanômetros (10^{-9} m) que é uma medida da ordem de grandeza entre 10^{-7} e 10^{-9} m.

O ensino de Química pode ser mais atrativo se for contextualizado com situações cotidianas, que favoreçam um aprendizado significativo na formação de um sujeito cognoscente e crítico, sendo que para isso há a necessidade de se usar diferentes estratégias no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos escolares. Tal citação se embasa nas abordagens elencadas nas orientações estruturadoras curriculares do magistério, pois para a aprendizagem desta ciência, que estuda as propriedades da matéria e suas transformações o discente precisa transitar por três domínios de interpretação dessa estrutura que são o macroscópico (das propriedades e transformações perceptíveis), o submicroscópico (espécies elementares e seus comportamentos) e, por último, o simbólico (linguagem peculiar de representação dos fenômenos químicos) (JOHNSTONE, 1982, *apud* ROSA e SCHNETZLER, 1998, p.33), a saber:

a) Nível macroscópico (descritivo ou funcional): campo onde se pode ver e manusear materiais, analisar e descrever as propriedades das substâncias em termos de densidade, ponto de fusão, etc., e observar e descrever as transformações.

b) Nível simbólico (representacional): campo onde representamos as substâncias químicas por fórmulas e suas transformações por equações. Trata do conhecimento químico, utilizando uma linguagem própria e sofisticada.

c) Nível submicroscópico (explicativo): nível onde são invocados átomos, moléculas, íons, estruturas, que não nos dão um quadro mental para racionalizar o nível descritivo.

O estabelecimento de uma relação entre os três domínios (ou níveis), é imprescindível para a aprendizagem dos conceitos químicos, pois favorece a incorporação da linguagem e, conseqüentemente o desenvolvimento de habilidades necessárias ao estudo da Química, de acordo com o indicado nas OCNEM (2006), que destacam a:

[...] identificação das transformações químicas por meio das propriedades das substâncias

- compreensão das propriedades das substâncias e dos materiais em função das interações entre átomos, moléculas ou íons e,

- tradução da linguagem simbólica da Química, compreendendo seu significado em termos microscópicos [...] (BRASIL, 2006, p. 113 e 114)".

Não obstante, fica clara, ainda, a importância do conteúdo de estequiometria no estudo da Química, pois a estequiometria é o campo desta ciência que trata das relações quantitativas das transformações químicas que envolvem os fenômenos,

implícitas nas fórmulas e nas equações químicas. Daí, aprender a transitar pelos níveis de interpretação da matéria torna-se um elemento fundamental para a compreensão de conceitos envolvidos nos estudos da estequiometria, tais como a grandeza quantidade de matéria e sua unidade o mol, uma vez que essa magnitude estabelece uma conexão entre o campo submicroscópico e o macroscópico.

A introdução dessa grandeza no processo educativo é crucial para a compreensão do conteúdo estequiométrico e, sendo assim, em nossa prática pedagógica precisamos, minimamente, realizar um nivelamento de estudantes com maior dificuldade de aprendizagem para com os demais de seu grupo, independente de apresentar algum tipo de deficiência cognitiva, pois a esses devem ser oportunizadas as expressões verbais sobre as competências e habilidades, até então, supostamente adquiridas, diminuindo suas dificuldades em apreender os conhecimentos escolares.

Através de estudos verificou-se que a dificuldade de aprendizagem dos conteúdos escolares é cada vez mais expressiva, pois ao professor não se promove a flexibilidade de ensinar favorecendo a compreensão e significação de diferentes conceitos apresentados. Em parte, isso é decorrente de uma formação inicial que nem sempre o capacita para atuar de modo seguro na sala de aula.

Além disso, é preciso admitir que para uma prática pedagógica diferenciada, é fundamental a oferta de formações continuadas sistematicamente, visando contribuir para uma formação satisfatória que culminem em melhores condições e adequação ao trabalho docente. Na maioria das vezes, o tradicionalismo presente nas aulas contempladas para os estudantes, com conteúdos prontos e fragmentados, pode ser considerado como uma das principais causas da falta da aprendizagem e interpretação dos fenômenos químicos do mundo real.

Partindo desse contexto, buscou-se identificar e compreender as causas das dificuldades de aprendizagem de conceitos e de operacionalização de cálculos estequiométricos, o estudo adquiriu relevância, porque procurou estabelecer uma relação contextualizada entre os fenômenos cotidianos com os científicos, de acordo com o que contêm as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-DCNEM (BRASIL, 2011). De acordo com Maldaner (2003, p. 144), no ensino de Química, deve-se priorizar a construção e reconstrução de conceitos científicos por meio de estratégias realizadas em sala de aula, que objetivem uma

compreensão do conhecimento científico e tecnológico que ultrapasse uma simples apreensão do conceito químico, ou seja, que viabilize sua aplicabilidade em situações reais da sociedade em que os estudantes estão inseridos.

Sendo assim, procurou-se apresentar o conteúdo de estequiometria de forma mais atraente, incrementando as aulas com procedimentos metodológicos diferenciados no ambiente escolar, através de práticas envolventes que consideraram a realidade e as necessidades dos discentes, tais como a experimentação, a modelagem, a dramatização e o lúdico.

Para um embasamento adequado deste trabalho foi realizada uma análise das vertentes que norteiam a prática pedagógica do ensino de Química nos documentos oficiais da educação básica, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional-LDB (BRASIL, 1996), com a finalidade de verificar que práticas pedagógicas poderiam ser implementadas nas aulas, com vistas a atender aos estudantes do Ensino Médio nas escolas brasileiras.

Como resultado dessa análise, foi possível observar que a LDB, não atendia ao direcionamento que se queria dar a este trabalho, tendo em vista destacar, apenas, uma visão mais geral dos objetivos da educação básica, quanto ao ensino de Química no Ensino Médio (EM). Para tanto, tornou-se fundamental consultar as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, DCNEM (BRASIL, 2011), porém, ainda assim, não ficou claro de que forma essas ações poderiam provocar uma reflexão sobre as metodologias e intenções pedagógicas que poderiam ser exploradas pelos agentes educacionais, que pudessem conferir à educação um caráter contínuo.

Diante da falta de uma orientação mais específica e para um melhor embasamento teórico dos marcos legais do sistema educacional brasileiro, foi realizada, então, uma análise das Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-OCNEM (BRASIL, 2006), onde as propostas para o Ensino de Química foram direcionadas para abordagens com maiores potencialidades para uma aprendizagem mais significativa durante as aulas.

De posse das informações básicas dos documentos oficiais, foi possível desenvolver a proposta deste trabalho, partindo para o entendimento sobre o que é a contextualização e de que modo ela poderia contribuir com a aprendizagem dos conceitos químicos envolvidos no estudo da estequiometria, bem como suas possibilidades de ação dentro de práticas pedagógicas diferenciadas.

Para que este estudo atingisse uma considerada profundidade teórica, tornou-se imprescindível dispensar algumas considerações sobre o ensino de Química no Brasil, face sua maneira peculiar de analisar e explicar os fenômenos da natureza e suas implicações para com o desenvolvimento científico, tecnológico e social. Além disso, por fazer uso de uma linguagem específica, a Química, enquanto Ciência tende a exigir certo grau de abstração para a compreensão de alguns conceitos e fenômenos. Diante dessas particularidades, o ensino de Química tende a ser distante da realidade de nossos estudantes que culmina em uma, possível, dificuldade de aprendizagem. Como exemplo dessa dificuldade para os discentes, destaca-se o ensino do conteúdo de estequiometria que, muitas vezes, é apresentado priorizando uma visão matemática.

Considerando este o marco inicial desta pesquisa, foram situados alguns aspectos concernentes ao ensino da estequiometria na educação básica e superior no campo disciplinar da Química como relevante para o estudo de outros conteúdos desta ciência. Concomitantemente, foram apresentadas algumas das principais dificuldades de aprendizagem deste tema que foram destacadas em outras literaturas (ROSA, SCHENETZLER, 1998; CHANDRASEGARAN et al, 2009; GARCIA et al, 1990; FURIÓ et al, 1993; FURIÓ et al, 1999; PADILLA et al, 2005; ROGADO, 2005, entre outros), que sinalizam uma dificuldade dos estudantes de diversos níveis de ensino com relação a problemas de compreensão do conceito de quantidade de matéria (natureza da definição, grandeza do número de Avogadro).

Complementando a discussão sobre essas dificuldades, verificou-se uma confusão entre mol/quantidade de matéria/número de Avogadro/massa molar e suas unidades, além da compreensão do conceito de conservação da matéria. Mediante a análise de material bibliográfico, verificou-se que em abordagens sobre a formação inicial dos futuros licenciados, nos cursos de graduação, evidenciam-se relatos de que a mesma ocorre de forma mecanizada, constituindo-se em uma problemática ao profissional por ocasião de sua atuação no ensino do componente curricular de Química Geral I, e que eles podem ter as mesmas dificuldades de seus discentes (FURIÓ et al, 1999; PADILLA et al, 2005; ROGADO, 2005).

A revisão bibliográfica trouxe o entendimento da necessidade de se utilizar estratégias e metodologias diferenciadas, tais como jogos, modelagem,

experimentação, simulações e outras, inclusive, em alguns trabalhos (JUSTI e GILBERT, 2002; JUSTI, 2006; SANTOS, 2013; MIGLIATO-FILHO, 2005) já sugeridas como ferramentas que poderiam possibilitar uma educação de qualidade, e como potencial instrumento de facilitação da aprendizagem.

Neste trabalho, procurou-se trazer os referenciais metodológicos das estratégias supracitadas sobre seus aspectos conceituais, e de que maneira encontram-se inseridas no contexto social e tecnológico do sujeito em formação, e ainda como podemos direcioná-las à educação, de modo específico ao ensino de Química.

A partir do exposto tem-se como Problema Científico da pesquisa:

“Como explicar a significação conceitual de conteúdos abstratos de Química, no enfoque simbólico-matemático da estequiometria, utilizando estratégias contextualizadas e práticas de modelagem?”

Não menos importantes, somam-se ao questionamento principal, outros que, secundariamente, reforçam os objetivos a serem alcançados, com vistas a validar a aplicação de estratégias alternativas na sala de aula. As questões aqui referendadas, que aqui chamamos de norteadoras, são: Qual seria a receptividade deste material por parte do educando? De que modo esta estratégia metodológica colaboraria no processo de ensino-aprendizagem? Como a motivação estaria relacionada à questão socioeconômica de cada estudante?

Do problema central da pesquisa chegamos à possível hipótese:

“A aplicação de estratégias alternativas embasadas nas dificuldades de aprendizagem dos educandos no processo de ensino-aprendizagem da estequiometria pode promover-lhes uma compreensão global das reações químicas como sendo um processo de conservação da matéria”.

Para confirmar ou não essa hipótese, foram adotadas atividades contextualizadas e de modelagem que, possivelmente, poderiam motivar e conduzir os estudantes a desenvolver e compreender a construção de um modelo, bem como, adotá-la (a modelagem) como uma ferramenta de interpretação e significação da estequiometria das reações químicas, entendendo que as equações químicas contemplam o conceito de modelo, pois ao serem

balanceadas, estabelecem as relações de proporções que sustentam as leis ponderais dos processos estequiométricos.

De acordo com Clement (2000), o discente para se apropriar de conceitos abstratos que definem estruturalmente seu objeto de estudo, precisa, antes de tudo, desenvolver habilidades que lhe permitam elaborar modelos e testá-los com o fim de justificar sua aplicação conceitual. Com base nessa afirmação, escolheu-se utilizar modelos baseados em trabalhos que aplicaram essa estratégia (MIGLIATO-FILHO, 2005; DAVIDOWITZ et al, 2010), com o objetivo de alcançar as múltiplas perspectivas do ensino da Química.

O estudo e a compreensão da estequiometria precisa, ser precedida pela compreensão das transformações químicas e das leis que as regem, e exige dos estudantes um conhecimento prévio que os conduza a entender as mudanças visíveis na matéria no processo de sua transformação, em função daquilo que não podem ver. Mas, para que essa visão sem a visualização seja possível, o discente precisa ter bem desenvolvida sua capacidade de abstração. De acordo com Santos (2013), esta habilidade pode ser desenvolvida quando se trabalha, nos sujeitos, a construção e progressão de representações mentais que os levem à compreensão do significado das equações químicas e a relacioná-lo às suas observações macroscópicas.

Portanto, com esse trabalho de pesquisa, considerando-se a deficiência de material didático destinado ao ensino de Química e a necessidade de inovações no ensino de estequiometria, em particular, foi proposta a utilização de materiais destinados à simulação, desenvolvimento e ressignificação de subsunçores relacionados ao tema.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, consideraram-se os seguintes objetivos:

1. Geral:

“Investigar se a utilização de estratégias metodológicas como a contextualização e a modelagem pode contribuir para com a aprendizagem significativa de conceitos químicos no processo de ensino-aprendizagem da estequiometria.”

2. Específicos:

- a) Identificar as dificuldades de aprendizagem dos estudantes no tema e seus conhecimentos sobre os conteúdos necessários a essa aprendizagem;**
- b) Aplicar uma unidade de ensino para o tema estequiometria, levando em consideração a produção existente na área;**
- c) Avaliar a validade de uma sequência de atividades no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos;**
- d) Avaliar a contribuição da contextualização e modelagem enquanto estratégias metodológicas de superação das dificuldades de aprendizagem dos conceitos da estequiometria.**

Para tanto, alguns procedimentos nortearam o desenvolvimento da pesquisa, tais como:

- ✓ Aplicação de modelos moleculares em cursos de graduação em Engenharia e Geologia, da Universidade Federal do Amazonas;
- ✓ Levantamento dos possíveis motivadores para o aprendizado de estequiometria;
- ✓ Avaliação pedagógica do material desenvolvido, considerando as demais condições presentes no ambiente escolar e,
- ✓ Definição de uma metodologia adequada à utilização dos materiais desenvolvidos para o ambiente da sala de aula, que possa ser estendido ao segmento do ensino médio de uma escola pública.

Conclui-se que o uso da modelagem propiciaria uma discussão relevante sobre a produção do conhecimento químico e, ainda que, a explicação de fenômenos observáveis da realidade, através da atividade de representação de estruturas moleculares, usando o conceito de elaboração de modelos, tem sido importante para a evolução da Química como ciência.

A discussão de modelos, em sala de aula, facilita a apresentação e a aproximação da ciência junto aos estudantes. Essa atividade (a discussão) ajuda os discentes a lidar com o aspecto multifacetado da Química; a compreender de forma apropriada o conceito de quantidade de matéria e mol; a resolver problemas

que envolvem a estequiometria e lhes dá uma base sólida para a aquisição de novos conhecimentos químicos (SANTOS, 2013).

Neste trabalho da prática da modelagem depreende-se que as observações macroscópicas com origem em atividades experimentais podem desempenhar um papel coadjuvante no desenvolvimento da compreensão conceitual da conservação da massa, conservação da matéria e sua unidade (o mol), de reagente limitante e em excesso nos processos de transformação da matéria a nível submicroscópico.

Santos (2013) defende que a produção e discussão de representações concretas, acerca das transformações químicas, podem ocorrer em atividades experimentais, com vistas ao desenvolvimento de habilidades que permitam a transposição entre os níveis de interpretação da matéria.

Face ao exposto anteriormente, a proposta de desenvolvimento desta dissertação de mestrado foi organizada em cinco capítulos, conforme se segue:

No Capítulo 1, foram apresentados alguns trabalhos de pesquisa sobre o ensino de estequiometria envolvendo as dificuldades de aprendizagem, os recursos didáticos produzidos, as estratégias de ensino utilizadas e discussões que permeiam os conceitos de quantidade de matéria e mol, conservação da matéria, leis ponderais, reagentes limitantes e em excessos e as representações das transformações químicas. Abordaram-se também as orientações dos documentos legais que norteiam o ensino deste conteúdo na educação básica e no ensino superior. Neste capítulo, destacamos a fundamentação teórica que embasou epistemologicamente a nossa pesquisa, com o foco na aprendizagem significativa de conteúdos conceituais envolvidos no tema.

No Capítulo 2, buscou-se o entendimento do significado e da aplicação da contextualização como estratégia de ensino, que, de acordo com os documentos oficiais, orienta o ensino de Química para a formação de um sujeito crítico e capaz de resolver problemas acerca de fenômenos do seu cotidiano.

No Capítulo 3, foi introduzido o conceito de modelos e suas características de acordo com os diferentes contextos que se relacionam com o ensino. Explorou-se ainda, as bases teóricas utilizadas a respeito do ensino baseado na construção de modelos e sobre a abordagem da modelagem.

No Capítulo 4, foi apresentado o percurso metodológico, destacando as ações desenvolvidas para alcançar os objetivos traçados e o uso do referencial de unidade didática na construção deste trabalho.

No Capítulo 5, foram descritos e discutidos os resultados dessa pesquisa referentes às concepções construídas pelos estudantes, inferindo suas dificuldades de aprendizagem. Foram apresentadas as categorias que emergiram das respostas à luz do referencial teórico assumido. Além disso, foi relatada a experiência da aplicação parcial da unidade de ensino sugerida.

Por fim, com base no referencial teórico apresentado objetivou-se proporcionar ao público interessado uma visão geral de aplicação e pertinência, no ensino de Química, de estratégias e metodologias diferenciadas que possibilitassem uma diminuição das dificuldades de aprendizagem da estequiometria durante as aulas de Química Geral I, contempladas para os estudantes recém-egressos do ensino médio no ano de 2016, matriculados no curso de Engenharia e no curso de Geologia da Universidade Federal do Amazonas-UFAM.

A pesquisa teve seu projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa-CEP, da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, do qual recebeu o parecer “APROVADO”, em Parecer Consubstanciado (ANEXO V).

CAPÍTULO 1

O CONTEÚDO DE ESTEQUIOMETRIA NO ENSINO BÁSICO

Neste capítulo apresenta-se o ensino de estequiometria, destacando, através de uma visão geral de trabalhos desenvolvidos sobre o tema, as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, bem como estratégias de ensino que têm relação com os três níveis de interpretação do estudo da Química e as discussões relacionadas ao conceito de quantidade de matéria. A culminância deste capítulo traz algumas inferências sobre as orientações dos documentos legais brasileiros para o ensino deste conteúdo na educação básica.

1.1 O ensino da estequiometria: uma revisão da literatura

Nesta fase do trabalho foram realizados levantamentos de trabalhos publicados na área de ensino de Química, que favorecessem a sua síntese e aproximação com o tema objeto do estudo. Para tanto, a busca se concentrou em diferentes fontes, tais como: periódicos² qualificados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES na área de ensino que continham publicações sobre Química nos idiomas português, espanhol ou inglês, em demais periódicos referenciados nas literaturas consultadas, bem como os sugeridos por pesquisadores que possuem mais conhecimentos acerca do assunto pesquisado; bases de dados³ da mesma agência que reuniam periódicos sobre educação, Química e Educação Química; páginas de encontros na área de Ensino de Ciências⁴; outras referências citadas em publicações como teses e dissertações. Nestas fontes fez-se uma consulta com base nos termos: estequiometria, equação química, leis ponderais (lei da conservação das massas e lei das proporções constantes (ou múltiplas)), mol, Número de Avogadro, balanceamento, reagente limitante, reagente em excesso, fórmulas químicas, rendimento, pureza e quantidade de matéria.

Posteriormente à consulta, realizou-se uma leitura dos resumos, para identificar a relevância do texto com relação aos objetivos do nosso estudo e, a partir

²Publicações bibliográficas da biblioteca virtual da Capes que reúne e disponibiliza a instituições de ensino e pesquisa no Brasil o melhor da produção científica internacional.

³Foram consultadas 25 bases de dados que apresentavam a presença de material na área de ensino de Ciências.

⁴ENPECs, ENEQs, ENDIPEs e dos Congressos Internacionais sobre Investigación em la Didáctica de las Ciencias.

disso realizar uma seleção geral sobre a produção existente em torno do ensino da estequiometria. Constatou-se que apesar de alguns materiais se mostrarem relevantes ao ensino de estequiometria e estarem disponíveis na rede mundial de computadores, estes representavam uma pequena parcela do que foi totalmente consultado. Uma grande maioria, ainda que, muito relevante, especialmente os de língua inglesa, com data de publicação ultrapassando 10 (dez) anos, não permitiram seus acessos.

Diante do exposto, fica evidente que nem todos os trabalhos publicados acabam por contemplar os professores para os quais estariam sendo destinados, ou seja, o acesso que deveria ser irrestrito para a aculturação do profissional da educação, acaba limitando a amplitude do conhecimento a ser apreendido.

Objetivando facilitar a revisão do conteúdo bibliográfico, neste trabalho, procurou-se ordená-lo, com o intuito de dar maior profundidade à pesquisa, de acordo com trabalhos considerados relevantes como, por exemplo, os descritos em Santos e Silva (2014), e assim promover a construção de um panorama mais abrangente sobre a produção científica relacionada ao ensino de estequiometria, de acordo com o que se segue:

- Recursos didáticos;
- Dificuldades de aprendizagem;
- Sequências didáticas;
- Discussão da quantidade de matéria e suas relações.

1.1.1 - Recursos didáticos.

Neste item foram agrupados os trabalhos de acordo com as propostas metodológicas de cada estudo, conforme o descrito a seguir:

- a) Conversão de fórmulas (GILBERT, 1998);
- b) Balanceamento de equações químicas com a utilização de softwares educacionais (ROSEN, 1977; SCHWAB e JONES, 1989; CAMPANARIO, 1995);
- c) Balanceamento de equações por métodos alternativos (GARCIA, 1987; GUO, 1997; TÓTH, 1997; OLSON, 1997);
- d) Resolução de exercícios com aplicação de algoritmos (KRIEGER, 1997);

- e) Métodos educativos de lógica técnica para ajudar a resolver problemas e para a resolução de problemas e exercícios (AULT, 2001; DEFFITT, 2009);
- f) Atividades experimentais para um ensino contextualizado (ROSER e MCCLUSKEY, 1999; ROHRIG, 2000; MUROV e STEDJEE, 2001; DEMEO, 2004).

Dos estudos mencionados anteriormente, nos fundamentamos no estudo de Deffitt (2009), realizado com estudantes de cursos superiores que frequentavam a disciplina Química Geral I e, no qual organizou uma metodologia baseada na identificação das dificuldades de aprendizagem; na verificação da motivação e interesse dos discentes com relação ao conteúdo estequiometria e, ainda, na eficácia da aplicação de um módulo de resolução de problemas e exercícios, cujo foco principal era facilitar o aprendizado sobre o entendimento do conceito de reagente limitante.

O trabalho sinaliza que os discentes não conseguiram resolver a maioria dos problemas, bem como, não demonstraram o domínio dos conhecimentos necessários a suas resoluções, principalmente, por não apresentaram uma ordenação sistêmica de procedimentos ao buscar a solução dos problemas. Das dificuldades elencadas pelo autor mereceu nossa atenção a relacionada com resoluções de problemas e exercícios envolvendo reagente limitante.

Diante do estudo de Deffitt (2009), para a nossa pesquisa, ficou evidente que, para minimizar ou prevenir as dificuldades de aprendizagem de conceitos necessários ao estudo da estequiometria, a utilização de estratégias metodológicas diferenciadas, poderia ser uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento de habilidades que auxiliassem os educandos a abstrair as transformações sofridas pela matéria por ocasião dos fenômenos químicos.

Sendo assim, em nosso estudo os resultados obtidos pelo autor, com relação à identificação das dificuldades de aprendizagem e da aplicação do módulo educativo vieram colaborar para com nosso percurso metodológico, especialmente, no tocante à resolução de questões que abordavam os conceitos de reagente limitante e rendimento da reação..

O uso de analogias associadas a cálculos e atividades experimentais para ajudar o discente a entender a grandeza do Número de Avogadro, foi proposto por um outro grupo de trabalho (ALEXANDER, EWING e ABBOTT, 1984; POSKOZIM,

1986; DIEMENTE, 1998; BINDEL, 2002; UTHE, 2002; AGUIRRE, VÁSQUEZ e FERNÁNDEZ, 2009). Destes, o trabalho apresentado por Aguirre, Vásquez e Fernández (2009) mereceu a atenção, face às propostas elencadas pelos autores com a finalidade de promover aos estudantes situações-problema que facilitassem sua percepção quanto à extensão do Número de Avogadro, tais como o uso de recursos visuais, jogo de xadrez e atividade de experimentação, sendo esta última, objeto da metodologia desta pesquisa, através da representação de estruturas moleculares.

1.1.2 - Dificuldades de Aprendizagem.

Nesta categoria os trabalhos analisados destacaram que o tema estequiometria é de difícil compreensão para os estudantes e por esse motivo muitos se dedicaram a compreender as razões pelas quais são cometidos equívocos ao verbalizarem e aplicarem conceitos em estequiometria (TÓTH e SEBÉSTYEN, 2009; SCHMIDT, 1990; BOUJAOUDE e BARAK, 2003).

Ao analisar os trabalhos que tratavam das dificuldades acerca do tema, ficou evidente a necessidade de se realizar, com mais frequência, pesquisas e, em decorrência destas, a produção de conhecimentos sobre processos de ensino-aprendizagem de conteúdos e conceitos sobre átomos, moléculas, mol, quantidade de matéria, conservação da matéria, leis ponderais, número de Avogadro, reagente limitante e rendimento, que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas no ensino dos fenômenos químicos que, geralmente, constituem-se em potenciais dificuldades de ensino e aprendizagem, exigindo maiores reflexões sobre a abordagem de temas complexos do mundo real.

Algumas das causas são aqui citadas, tais como a dificuldade de abstração e transição entre os níveis, macroscópico, submicroscópico e simbólico de interpretação da matéria (SAVOY, 1988; ANDERSON, 1990; HUDDLEY e PILLAY, 1996; ARASASINGHAM et al, 2004); grandeza de número de Avogadro; confusão entre mol/quantidade de matéria/número de Avogadro/massa molar (DUNCAN e JOHNSTONE, 1973; STAVER e LUMPE, 1995) e dificuldades no manejo de técnicas matemáticas (GABEL e SHERWOOD, 1984).

Os níveis de representações (macroscópico, submicroscópico e simbólico) permeiam amplamente os estudos da Química, especialmente na estequiometria, tanto na educação básica quanto na universitária, sendo fundamental sua compreensão de forma ampla com o objetivo de desempenhar um importante papel na melhoria dos processos de ensino-aprendizagem de CNT (SANGIOGO; ZANON, 2009a).

Ainda como registro das análises realizadas e pela experiência deste pesquisador, em sala de aula, coube destacar que essas causas independem da região geográfica do território nacional ou internacional, e têm um alcance relevante em diferentes faixas etárias que se encontram inseridas no processo de escolarização da educação básica e superior.

Torre e Jiménez (1992) realizaram estudos que muito contribuíram para com esta pesquisa, pois abordaram temas de interesse deste estudo, como massa e conservação da matéria. Analogamente ao proposto pelos autores, tomamos como instrumentos de coleta de dados, questionários e uma unidade didática, cuja resolução exigia conhecimentos de conceitos como massa, volume, densidade, evaporação, solvente, dissolução, reação química (combustão), equação química e lei da conservação das massas.

O resultado do trabalho desenvolvido pelos autores (Torre e Jiménez, 1992), demonstrou positivamente que os participantes compreendiam e definiram corretamente os conceitos de massa e leis da conservação das massas. Da resolução de problemas, sinalizaram que a maioria dos participantes indicava um aparecimento ou desaparecimento de massa; no que concerne à aplicação correta da lei de conservação das massas, quando em situação de transformação (dissolução e combustão), um percentual relevante de estudantes a definiram corretamente. Diante disso, inferiram que não há relação entre o conhecimento do enunciado de um conceito e a sua compreensão.

Baseado ainda em relatos de Santos e Silva (2014), apesar de não ser o foco deste trabalho, com relação à formação de professores de Química há um estudo desenvolvido por Landau e Lastres (1996) sobre dificuldades de graduandos quanto à conservação da matéria em uma transformação química. Outros estudos (DRIVER, 1985; LLORENS, 1988) indicam a dificuldade de estudantes em compreender a conservação das massas. Padilla, Furió e Azcona (2005) investigam as concepções históricas e epistemológicas de professores universitários sobre os conceitos de

quantidade de substância e mol e como estes foram tratados em 30 livros universitários de Química e identificaram inconsistências conceituais na compreensão dos conceitos de quantidade de substância e mol, como a confusão dos conceitos com massa ou Constante de Avogadro.

Os relatos mostram que algumas das dificuldades dos discentes podem ser as mesmas dos professores e, dessa forma, na apresentação do conteúdo acabam por não dar relevância a conceitos fundamentais que facilitariam o estudo da estequiometria. Pode-se perceber que acabam por se constituir em dificuldades de aprendizagem com sinais de possíveis obstáculos epistemológicos. Diante deste cenário, verificou-se que outros dois aspectos poderiam colaborar para a dificuldade de aprendizagem do conceito mol no ambiente escolar, que são a formação do professor de Química e o material didático-pedagógico utilizado nas escolas para o ensino da CNT e da Química.

De acordo com Menezes (2001), Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), Carvalho e Gil-Pérez (2003), a formação dos professores não têm tido um enfoque formativo nos conteúdos científicos a serem ensinados, muito menos se embasam nos aspectos históricos e epistemológicos da evolução da Ciência, Tecnologia e Sociedade e suas interações. Não obstante, deveriam conduzi-los à construção de conhecimentos que lhes ampliem a capacidade de superar suas concepções alternativas ou de senso comum, com vistas ao desenvolvimento de saberes mais amplos, contextualizados por temas atuais, com uma abordagem CTS, buscando evitar suas dificuldades e a de seus discentes no processo de ensino-aprendizagem de Química.

Os professores até bem pouco tempo vinham sendo formados apenas para ministrarem aulas, distanciados da pesquisa, e só eram direcionados para esse enfoque quando participavam de Programa Institucional de Bolsa de Iniciação a Docência-PIBID ou quando matriculados nos cursos de pós-graduação de qualquer nível. Com isso, o conhecimento necessário para a promoção de uma aprendizagem significativa de conceitos químicos, em especial, de estequiometria, acabou por ser ineficiente, bem como, com pouca produção científica sobre o tema.

Nesse contexto, há de se destacar o trabalho desenvolvido por Moreira (1996) acerca da educação em Química e a relevância da pesquisa para CNT. De acordo com Moreira, é essencial a formação do professor-pesquisador, pois este terá a competência e habilidades fundamentais para mediar a construção do conhecimento

pelos estudantes, a partir do instante em que poderá implementar novas estratégias e metodologias para o processo de ensino-aprendizagem que ocorre no ambiente escolar.

Rogado (2005) promoveu um estudo, concomitantemente, aos realizados em outros países com resultados parecidos aos citados nas bibliografias já analisadas, onde destaca que para o ensino de Química, a abordagem da história e epistemologia da Ciência pode contribuir significativamente para o aprendizado da origem e evolução do conhecimento químico.

De acordo com o autor, os estudantes têm uma deficiência conceitual a respeito da quantidade de matéria e do mol, devido à falta de compreensão de aspectos históricos e, da problematização que ocorrem durante a construção do conhecimento relativo aos conceitos químicos. Destaca ainda que, uma abordagem embasada nos aspectos históricos e problemático do estudo da Ciência, pode, além de facilitar a identificação das prováveis causas das deficiências do entendimento dos conceitos, promove uma percepção mais acurada da influência que a Ciência tem sobre a Tecnologia e Sociedade, culminando numa compreensão significativa da educação química dos fenômenos complexos da realidade.

Desse estudo percebeu-se nas palavras do autor uma intenção objetiva de afirmar que o ensino de Química não pode ser desvinculado de seus aspectos histórico, social e cultural, devendo ter uma abordagem cujo princípio norteador seja a formação de um sujeito crítico e consciente dos problemas do mundo ao seu redor, e ainda permita desenvolver conhecimentos que o capacite e o habilite a tomar decisões adequadas para a resolução de problemas dessa sociedade.

Outro trabalho interessante no Brasil, com o foco em estudantes do ensino médio, foi o realizado por Rosa e Schnetzler (1998), onde, a partir de uma revisão da literatura, enfatizou que nossos estudantes apresentam concepções alternativas quando são abordados temas sobre transformação química, que decorrem, segundo a bibliografia consultada, da falta de discussões que conduzam ao correto entendimento sobre o conhecimento científico.

Não obstante, a falta de uma conexão entre os domínios submicroscópicos e o domínio macroscópico da matéria e suas transformações, tanto por parte dos professores, quanto pelos materiais didáticos utilizados na sala de aula, concorrem para a formação de concepções alternativas. Diante do exposto, fica evidente que o discente é impedido de construir coerentemente modelos explicativos que os

aproxime dos modelos aceitos pela comunidade científica e, assim, se caracteriza como uma dificuldade de aprendizagem.

Veronez e Piazza (2007) observaram que estudantes brasileiros ao realizar o balanceamento das equações conseguiam identificar a quantidade de átomos de um elemento nas fórmulas químicas, em cada lado da equação, mas não compreendiam o significado dessas fórmulas, mostrando que não conseguiam interpretar esta relação com a noção de conservação das massas em nível submicroscópico, somada à dificuldade nos cálculos matemáticos de proporções ao resolver problemas envolvendo leis ponderais.

Uma das dificuldades muito presente na apresentação do conteúdo de estequiometria, diz respeito às más interpretações dos enunciados presentes nas resoluções de exercícios de cálculos estequiométricos, principalmente quando envolvem termos como “quantidade de matéria e a unidade mol”. Há uma incoerência evidente entre os objetivos a serem alcançados na resolução e o desenvolvimento para se chegar às respostas. Para os discentes, de um modo geral, existe a preocupação em chegar, apenas, a um valor exato e que esteja de acordo com a resposta do gabarito, desconsiderando uma aprendizagem conceitual, procedimental e atitudinal do conteúdo estudado.

Um estudo de Garcia et al. (1990), destacava que confusões decorrentes da associação, equivocada, da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol, com outras grandezas como massa e volume resultavam em dificuldade de aprendizagem conceitual, ainda que se tratassem de grandezas de magnitudes diferentes. Os autores enfatizam que a grandeza (quantidade de matéria) e sua unidade (mol), por si só, concorrem para uma interpretação desconexa, e sinalizaram que os estudantes tinham dificuldades em compreender as relações estabelecidas entre a quantidade de matéria e as outras grandezas e, ao contrário, entendiam que a quantidade de matéria tinha o mesmo significado que a massa e o volume de uma substância.

Dificuldades como não diferenciação entre massa molecular e massa molar, falta de compreensão sobre a conservação da matéria durante as transformações e das relações estequiométricas em uma reação química, também foram citadas pelos pesquisadores, afirmando que são presentes em qualquer nível de ensino.

Furió et al. (1993) em seus estudos trataram a grandeza quantidade de matéria como quantidade de substância e procuraram verificar como os estudantes a representavam mentalmente, bem como, em que proporção essas representações contribuiriam para uma ressignificação conceitual dessa grandeza pelos estudantes durante suas a formação do ensino secundário. Na visão dos autores ficou evidente que o modo como o conceito de mol é apresentado na sala de aula, ao que referem ser de modo muito operativo, não promove uma conexão com sua origem e evolução, ou seja, seu significado não é apreendido pelo discente e, assim, acaba por se apresentar como uma dificuldade de aprendizagem ao conteúdo a ser estudado.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, Furió, Azcona e Guisasola (1999) inferiram a hipótese de que as dificuldades dos estudantes estão relacionadas à falta de conhecimento docente sobre a gênese e evolução do significado dos conceitos de quantidade de matéria e mol, remetendo essa deficiência aos cursos de formação de professores que ainda é muito ineficiente e desvinculado da realidade do futuro profissional da educação, ou seja, ainda é muito voltado para a formação da área tecnicista do que para a do ensino.

Considerando os pontos discutidos, este estudo tem um caráter fenomenológico em um estudo de caso, com o propósito de investigar se as dificuldades de aprendizagem sobre conceitos envolvidos com estequiometria são presentes e expressas por estudantes, recém-egressos do ensino médio, e que estão cursando a graduação em Engenharia e Geologia da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, bem como, utilizar estratégias metodológicas de ensino, como a contextualização e a modelagem, que possam facilitar o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo estequiometria contemplado em Química Geral I.

1.1.3 - Sequências didáticas.

A partir dos resultados de pesquisas sobre as dificuldades de aprendizagem, a contribuição de trabalhos que buscam estratégias de ensino para o conteúdo da estequiometria aumentou significativamente. Baseados nessas bibliografias procurou-se estabelecer uma relação do objetivo deste trabalho de modo consonante com as estratégias propostas, com vistas a verificar suas eficácias em identificar e minimizar tais dificuldades e, assim, promover uma aprendizagem mais significativa deste conteúdo considerado tão complexo.

Como resultado da análise dos trabalhos tiveram relevância as seguintes estratégias de ensino para o conteúdo de estequiometria, de acordo com o referendado em Santos e Silva (2014): a utilização da modelagem e de analogias (TÓTH, 1999; THAMBURAJ, 2001; WITZEL, 2002; HAIM et al, 2003; AULT, 2006); a abordagem por meio de mudança conceitual (WOOD e BREYFOGLE, 2006; DAHSAH et al, 2008); o ensino por resolução de problemas (NAKLEH, 1993; SCHMIDT, 1997; BIRD, 2006); o desenvolvimento e o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação-TIC, para auxiliar os estudantes na compreensão e resolução de problemas (ROBINSON, 2003) entre outros.

Um trabalho relevante a ser citado, refere-se ao desenvolvido por Migliato Filho (2005), que usando a estratégia de modelagem molecular, realizou minicursos sobre estequiometria com estudantes do ensino médio, que realizavam uma discussão teórica com atividades experimentais sobre o tema, por meio de exercícios que exigiam a aplicação das leis ponderais, das relações entre grandezas/unidades em Química e a compreensão dos conceitos de reagente limitante, grau de pureza e rendimento.

Nos resultados apresentados em seu trabalho, coube destacar a sinalização positiva do autor quanto ao uso de modelos que promoveu um aumento no número de respostas corretas, uma vez que este uso se dava apenas após o primeiro exercício; o aspecto negativo em relação ao conceito de reagente limitante que, mesmo com o uso dos modelos, se constituiu em uma grande dificuldade de aprendizagem. Um resultado expressivo do estudo do autor diz respeito à independência adquirida pelos estudantes em usar os modelos à medida que avançavam para novas atividades, potencializando suas capacidades em abstrair conceitos.

Do estudo realizado por Migliato Filho (2005) concluiu-se que a utilização de modelos no processo de ensino-aprendizagem de estequiometria, pode contribuir muito como estratégia de ensino que auxilie os discentes na transposição conceitual da matéria e suas transformações a nível macroscópico, submicroscópico e simbólico.

O tema quantidade de matéria também é objeto de estudos de muitas pesquisas e, para a definição das estratégias de ensino a serem utilizadas neste trabalho, em uma sequência didática, trouxe interesse o trabalho citado em Santos e Silva (2013), que destaca o estudo desenvolvido por Balocchi e outros (2005 e 2006)

que utilizaram a abordagem da aprendizagem cooperativa no ensino da teoria atômica de Dalton.

Balocchi et al. (2005 e 2006), a partir das concepções alternativas dos estudantes, realizaram atividades em grupo abordando o conteúdo estequiometria. O tema era desenvolvido sob uma perspectiva construtivista, onde os grupos, a partir de um caderno de procedimentos contendo as sequências de atividades, desenvolviam um trabalho cooperativo na resolução de problemas.

Ao final do estudo, Balocchi et al. (2005 e 2006), sinalizam que o ensino do conteúdo quantidade de matéria, precisa ser apresentado após serem inseridos os conceitos fundamentais que dão ênfase às magnitudes, grandezas e unidades que sustentam a compreensão do conteúdo estequiometria.

Neste trabalho, procurou-se aplicar sequências didáticas, fundamentadas nas apresentadas em outros trabalhos, porém não foram respeitadas todas as semelhanças com as descritas até aqui, ao contrário, foram introduzidas atividades que já haviam sido implementadas em sala de aula pelo docente em sua atuação profissional como professor de Ciências/Química a estudantes da educação básica e em estudantes de curso superior, por ocasião do estágio docência, enquanto mestrando em ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal do Amazonas-UFAM. .

1.1.4 - Da Discussão da quantidade de matéria e suas relações.

O entendimento conceitual da grandeza quantidade de matéria, que tem como unidade do sistema internacional de medidas (SI), o mol, vem se constituindo numa grande preocupação no processo de ensino-aprendizagem do tema estequiometria, incluindo, a possibilidade de ser uma das principais causas de dificuldades no ensino e aprendizagem da Química.

A introdução desses conceitos, em sala de aula, não contempla os aspectos histórico e epistemológico de sua evolução e suas relações dentro do processo histórico do desenvolvimento da própria Química, e é isso que pode levar os estudantes a não compreenderem os enunciados nas interpretações dos fenômenos e nas resoluções de problemas.

O estudo da estequiometria dentro da disciplina Química, na educação básica, é visto como essencial para os demais temas curriculares dessa ciência, uma vez que a interpretação de fenômenos químicos, geralmente, envolvem

cálculos com relações de proporção, tão característicos nos processos de transformação da matéria. Porém, o estudo da estequiometria, não pode ser desenvolvido, em sala de aula, sem que antes o estudante tenha como pré-requisito o “estudo quantitativo da Química”, através do qual o professor deve apresentar o SI e enfatizar as ideias de grandeza e unidade de medida, e porque sem este a aprendizagem das relações estequiométricas não se consolida significativamente.

A referida grandeza e sua unidade representa a terceira dimensão da matéria, e estão elencadas nas sete grandezas e unidades básicas do SI, daí sua relevância no estudo da estequiometria, bem como, é de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem da Química (INMETRO, 2003).

No que concerne a abordagem do tema “estudo quantitativo da Química”, verificou-se nas bibliografias que tratam do assunto, que a apresentação das grandezas e suas unidades, na sala de aula, se mostra muito complexa, face à natureza conceitual e as várias interpretações a elas atribuídas, somando-se a isso o fato de serem cometidos equívocos que acabam por causar confusões entre quantidade de matéria, massa e volume, culminando, inclusive, a considerá-los como sinônimos na representação das quantidades de átomos, moléculas e substâncias.

Diante deste cenário, que perdura de longa data, muitos trabalhos (LEE, 1961; COHEN, 1961; DIERKS, 1981; GORIN, 2003), têm tido como principal objetivo, identificar quais as dificuldades de aprendizagem, em sala de aula, podem se caracterizar como consequências das modificações atribuídas à forma como a grandeza quantidade de matéria e a unidade mol são apresentadas aos discentes.

Neste trabalho, face à relevância do tema para este estudo, tornou-se importante trazer algumas das discussões encontradas em publicações na literatura, as quais abordaram a natureza conceitual sobre a grandeza quantidade de matéria e a sua unidade, o mol.

Em Rocha-Filho (1988), a contestação proferida pelo autor quanto ao uso do termo quantidade de matéria, foi relevante para uma reflexão quanto à sua utilização na pesquisa. De acordo com o entendimento do autor (Rocha-Filho, 1988), o termo quantidade traz em seu bojo a ambiguidade de não dar a dimensão exata de qual grandeza se refere (volume, massa ou número). Como justificativa para o seu posicionamento, amparou-se numa declaração feita por Cerqueira Leite, que ao se referir a certa quantidade, em toneladas, de dióxido de carbono poluindo atmosfera,

usou como sinônimo de quantidade de matéria o termo “porção de matéria”, associado à grandeza massa.

Por fim, o autor, apoiando-se em argumento de Lee (1961, apud Rocha-Filho, 1988), propôs que o termo quantidade fosse substituído por “*numerosidade*”, sustentando seu uso de forma indistintiva, como por exemplo, para se referir a espécies como fótons que, por não possuírem massa, não poderiam ser definidos como matéria e, ao final, sugeriu a definição de mol como sendo “numerosidade de entidades igual àquela de átomos existentes em 0,012 quilogramas de carbono 12”, e que o termo quantidade de matéria pudesse se referir tanto a uma quantidade em volume, como em massa ou numerosidade (este último sem aplicação exclusiva para a matéria).

Furió, Azcona e Guisasola (2002) após a realização de estudos investigativos acerca dos conceitos atribuídos à quantidade de substância e mol, apontaram a existência de inúmeras controvérsias para o uso do termo, e dentre as propostas que apresentaram como sugestão à substituição do que chamaram de tema controverso, incluíram o termo numerosidade proposto por Rocha-Filho (1988).

Mas, como em toda discussão, algumas críticas a essas mudanças emergiram (HOPPÉ, 1991), possivelmente, pelo fato de ocasionarem mais confusão conceitual, além da que já existia. Apesar da quantidade de trabalhos contrários à mudança, o número dos que apoiavam a mudança na denominação se tornou relevantemente maior, incluindo-se denominação alternativa “quantidade química”, que surgiu como proposta da própria IUPAC em substituição a quantidade de matéria (MILLS et al., 1993).

Em Santos (2013), mereceu atenção o estudo realizado por Gamboa, Corso e Gennari (2006), no qual inferem a relação entre a definição de quantidade de matéria e definição de mol. De acordo com os autores, a quantidade de matéria foi definida como uma magnitude cuja unidade é o mol, e destacam que estas definições não existem independentemente uma da outra, e afirmam ainda que muitos dos conflitos provocados por essas definições, em comparação com as outras grandezas fundamentais, tiveram como origem o fato de o conceito mol ter surgido antes do conceito quantidade de matéria. As outras grandezas surgiram antes da unidade, que, por sua vez, apesar de ser utilizada para a comparação de eventos, tem sua definição de modo arbitrário.

Soares (2006), trouxe a discussão do conceito de quantidade de matéria e sua unidade, o mol, abordando seus aspectos históricos e epistemológicos, embasada em registros de trabalhos contemporâneos (FURIÓ, et al., 1999; ROGADO, 2005), do qual afirmou que a falta de conhecimento dos docentes quanto à origem e evolução histórica dos temas, poderia contribuir para com o baixo nível de compreensão dos discentes. O estudo ancorou-se na análise do contexto histórico, social e científico em relação à origem dos conceitos e sua problemática atual, principalmente, quando estes são utilizados no estudo da cadeia produtiva de materiais, e enfatizou a importância do estudo da estequiometria e a aplicação do conhecimento científico deste tema nos processos de produção de desenvolvimento tecnológico e social.

No contexto histórico conceitual da quantidade de matéria e da unidade mol, no qual se desenvolveu o estudo da estequiometria, fez-se importante destacar, neste trabalho, as contribuições registradas a partir do trabalho de Dalton com os gases e, para o qual se apoiou nas ideias de Proust sobre a lei da conservação das massas; o aspecto quantitativo de equivalência entre substâncias reagentes culminou com a elaboração de sua teoria atômica. Apesar desse feito, a teoria de Dalton e a de Proust, não foram bem aceitas, por, na época, oferecerem oposição às concepções de Berthelot, que afirmava que a composição de uma substância não se mantinha constante, ou seja, variava de acordo com o processo de obtenção dessa substância.

O desenvolvimento industrial da época se deu conta da necessidade de informações que auxiliassem nos cálculos das proporções em massa nas reações químicas e, só a partir dali houve o reconhecimento das ideias de Proust, ao contrário das de Dalton que permaneceram como dúvida.

As concepções de equivalência que serviram de apoio a Proust na definição das proporções de constituição da matéria, foram às mesmas que embasaram Ostwald na definição do mol, cuja origem conceitual foi a de contraposição do seu significado para com o da teoria atômica.

Furió et al. (1999) destacaram que a introdução do conceito quantidade de matéria e da unidade mol ocorreu quando a teoria atômica foi consolidada, face à necessidade de lidar com o número de espécies elementares nas reações químicas que, por sua vez, permitiria a contagem de espécies submicroscópicas a partir de sua relação com dimensões macroscópicas como massa e volume. Segundo os

autores, o mol, com isso, deixou de ser uma quantidade em massa, exclusivamente macroscópica, e passou a ter uma correspondência com o nível submicroscópico, caracterizando-se como a quantidade de substância com o mesmo número de espécies elementares quanto os átomos contidos em 0,012 quilogramas de carbono 12 (MILLS et al., 1993).

O mol estabelece a conexão entre os níveis submicroscópico (número de espécies submicroscópicas) e macroscópico (massa e volume), ou seja, não é massa e não é número de partículas, mas é sim unidade de quantidade de substância (Furió et al., 1999).

Apesar de discussões recentes sobre os conceitos de quantidade de matéria e mol, destacou-se aqui que a visão equivalentista ainda exercia uma forte influência no processo de ensino-aprendizagem desenvolvido nas universidades, além de se fazerem presentes nos LD do ensino médio e superior, demonstrando, explicitamente, que o mol ainda era associado, pelos professores, à quantidade em massa das substâncias, culminando numa transmissão equivocada desses conceitos aos estudantes.

Este trabalho em consenso com os estudos analisados estabeleceu relações com as propostas de ensino sugeridas para o tema estequiometria, cujo embasamento se apoiou em técnicas pré-existentes nas discussões sobre a abordagem do conceito de quantidade de matéria e nas concepções das pesquisas acerca das dificuldades de aprendizagem, com ênfase nas que abordam a transição sobre os três níveis de descrição da matéria, norteadas pela contextualização e modelagem.

1.2 - O Ensino de Química sinalizado pelos documentos curriculares oficiais e pela literatura.

O arcabouço teórico deste trabalho não poderia ser desenvolvido, sem se dar atenção às orientações contidas nos documentos oficiais e na literatura sobre o ensino de Química no ensino médio, e porque não no ensino superior, pois foi com base nas informações extraídas destes documentos que a justificativa e relevância da pesquisa puderam ser embasadas.

Diante do exposto, foram consultados os documentos e trabalhos que destacaram os principais objetivos e procedimentos metodológicos a serem

aplicados ao processo de ensino-aprendizagem de CNT, mais especificamente os relacionados com a Química, onde o tema estequiometria está inserido, bem como, é de fundamental importância no desenvolvimento de conceitos e conhecimentos desta área do conhecimento.

O sistema educacional brasileiro, regido pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional-LDBEN nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996, no que tange ao ensino médio, é estruturado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais-PCN, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-PCNEM, Parâmetros Curriculares Nacionais Mais-PCN+ e pelas Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-OCNEM, que preconizam que o Ensino Médio tem como uma de suas finalidades, formar um cidadão autônomo intelectualmente, ético, crítico e capaz de contribuir para com o mundo em que vive, por meio de conhecimentos adquiridos no universo escolar, levando em conta as diversificações de cada região, em seus aspectos sociais, culturais, econômicos, bem como a realidade do próprio discente; a integração e articulação dos conhecimentos em processo permanente de interdisciplinaridade e contextualização..

Ao referirem-se ao ensino de Química, os documentos curriculares oficiais inferem que o professor deve dar uma atenção especial à sua preparação, para o exercício de sua atividade profissional, quanto a aspectos relevantes para o processo de ensino-aprendizagem conceitual dessa ciência. Sobre a função de aprendizagem da Química os PCNEM, declaram:

O aprendizado de Química pelos estudantes do ensino médio será decorrente da compreensão destes em relação às transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada, de maneira que possam julgar, com propriedade, as informações emanadas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e, autonomamente, tomar decisões enquanto indivíduos e cidadãos. Esse aprendizado deve possibilitar ao discente a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (BRASIL, 2000, p.31).

Os objetivos, referidos no PCNEM, serão alcançados desde que os estudantes possam, por si só, tomar decisões com base em seus conhecimentos prévios ressignificados ou nos adquiridos no processo de ensino-aprendizagem,

que os capacite a perceber a aplicação dos conceitos ou de aplicá-los eles mesmos, desde que o professor promova momentos para que essa manifestação possa ocorrer de forma significativa.

O ensino de Química, de acordo com as OCNEM, deve ser estruturado por meio de uma abordagem metodológica que enfatize os conceitos químicos, porém, não desarticulada dos temas sociais do cotidiano ou da experimentação que, além de, apenas, motivarem os estudantes ou ilustrarem as aulas, tornem-se estratégias efetivas de contextualização e interdisciplinaridade do conhecimento químico, tornando-o mais relevante para o meio social (BRASIL, 2006, p.117).

O PCN, PCN+ e a OCNEM, são orientações que consolidam os diversos aspectos de conteúdos, metodologias e epistemologia de diversas áreas do conhecimento e, têm seus objetivos voltados para a promoção de discussões sistemáticas a respeito dos conteúdos escolares, na escola, com a finalidade de explicitar a necessidade de se adquirir a cultura de formação contínua dos profissionais envolvidos com a educação (BRASIL, 2006, p.55).

De acordo com os documentos anteriormente referendados, o conhecimento em Química se estrutura em saberes que se alicerçam nos três eixos como o das “transformações químicas”, o dos “materiais e suas propriedades” e o dos “modelos explicativos ou constituição”, segundo os propósitos do ensino e da aprendizagem das CNT, conforme a figura a seguir:

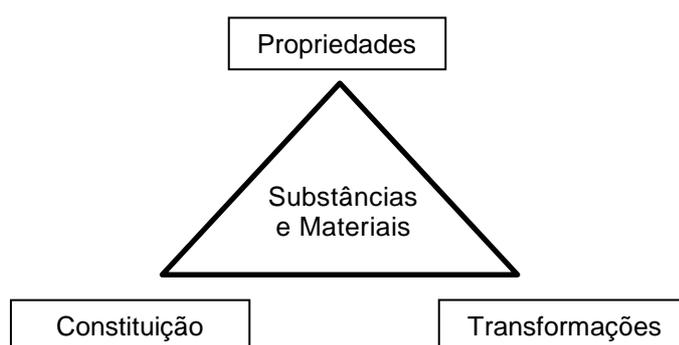


Figura 1 – Foco de interesse da Química (BRASIL, 2006, p.110).

Analisando a figura, fica evidente a sugestão de que no estudo da Química, deve-se dar relevância à relação que esses três eixos têm entre si, bem como, da necessária compreensão dos conceitos envolvidos no estudo da

matéria e suas transformações. Foi nesse enfoque que este trabalho buscou estudar o tema estequiometria, entendendo ser esse conhecimento essencial para a abordagem das transformações químicas e suas relações de quantidades no momento da ocorrência das reações químicas e, principalmente, por desenvolver a capacidade de abstração dos estudantes, na interpretação global dos fenômenos químicos em seus aspectos macroscópico, submicroscópico e simbólico.

As orientações curriculares, quanto ao ensino da estequiometria, sinalizam que o seu estudo têm como pré-requisito a aprendizagem e desenvolvimento de certos conhecimentos e habilidades, respectivamente, que segundo as OCNEM, são:

[...] – compreensão do significado matemático da composição dos materiais e da concentração em massa, e em quantidade de matéria de soluções;
- compreensão do significado do coeficiente estequiométrico;
- compreensão de como os químicos preveem o rendimento de uma reação.” (BRASIL, 2006, p.113 e 114).

Santos (2013) destaca que nos documentos curriculares oficiais, como no PCNEM e PCN+, há a orientação de que para o ensino do conteúdo estequiometria, faz-se necessária uma abordagem do nível macroscópico com fins a aproximá-lo da concepção que o estudante tem do mundo real, antes mesmo da introdução do significado das equações químicas e sua relação com o nível submicroscópico.

Segundo a autora, a apresentação do tema estequiometria, com início em abordagens como proporções em massa nas transformações químicas, exclusivamente, a nível macroscópico pode fundamentar e servir de aliado ao desenvolvimento da prática experimental, que de acordo com as OCNEM, é um elemento de contextualização que pode auxiliar na compreensão das relações de massa a nível macroscópico (SANTOS, 2013).

Diante do exposto, verifica-se que a literatura revisada enfatiza que a interpretação do nível submicroscópico depende da forma e da profundidade como é abordado o eixo macroscópico, da compreensão das relações entre os eixos do conhecimento químico, e ainda do estabelecimento de articulações dinâmicas entre teoria e prática, pela contextualização de conhecimentos em

atividades diversificadas cujo enfoque é a construção coletiva de significados aos conceitos.

A passagem para o nível submicroscópico, de acordo com os PCNEM, é ressaltada de modo a considerar que:

os fatos macroscópicos já estudados podem ser o ponto de partida para a construção de modelos microscópicos (...).
Um primeiro entendimento da transformação química e suas relações de massa baseia-se na compreensão a nível macroscópico. A seguir, o entendimento desses fatos deve ser feito dentro de visão microscópica, de rearranjo de átomos e relações entre quantidades de matéria. (BRASIL, 2000, p.34 e 37).

A transição ao nível simbólico, igualmente ao que se requer para os outros dois níveis do conhecimento químico, exige do discente a habilidade na interpretação de símbolos que constituem a linguagem particular da Química. A compreensão dos significados químicos em termos submicroscópicos, só se torna possível quando o estudante se torna apto em traduzir essa linguagem específica (BRASIL, 2006, p.114).

Essas transições pelos três eixos do conhecimento químico, de acordo com as OCNEM (2006) podem ser permeadas pela utilização de modelos explicativos, com vistas a facilitar a compreensão dos conteúdos relacionados a fenômenos, cujo entendimento depende da capacidade de abstração das representações a nível submicroscópico.

Considerando que a utilização de modelos no processo de ensino exige a discussão da importância dessas representações em ciência e de suas limitações, durante o uso dessa estratégia é possível o desenvolvimento de outra habilidade mencionada nas OCNEM como, o reconhecimento do caráter provisório e incerto das teorias científicas, das limitações de um modelo explicativo e da necessidade de alterá-lo, avaliando as aplicações da ciência e levando em conta as opiniões controversas dos especialistas (BRASIL, 2006, p.115).

No estudo sobre estequiometria desenvolvido neste trabalho, buscou-se verificar se a utilização da modelagem corroborava com a necessidade de “reconhecer, utilizar, interpretar e propor representações para situações-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos”, com o

desenvolvimento da competência investigativa e da compreensão em Química (BRASIL, 2002, p.91).

À luz do referencial teórico da modelagem, consonante com as sinalizações constantes dos documentos curriculares oficiais, esta pesquisa lançou mão dessa estratégia, embasando-se em resultados de estudos pré-existentes, com o intuito de reafirmar sua eficiência no auxílio da construção, interpretação e compreensão dos conceitos necessários à compreensão do conteúdo estequiometria em atividades contextualizadas.

A respeito da prática da modelagem, como estratégia de ensino, serão apresentadas algumas considerações no capítulo 3, deste trabalho, pois anteriormente a esse tema, faz-se necessária uma abordagem sobre o significado, o sentido e o papel da contextualização do ensino de Química, apoiada nos documentos legais.

CAPÍTULO 2

A CONTEXTUALIZAÇÃO: ESTRATÉGIA NO ENSINO DA QUÍMICA E DA ESTEQUIOMETRIA

A ideia de um Ensino de Química contextualizado está cada vez mais presente no discurso dos professores e pesquisadores, o que não significa, necessariamente, que seja uma prática corrente na escola. Os próprios documentos oficiais do Ministério da Educação ressaltam a contextualização, juntamente com a interdisciplinaridade, como um dos pressupostos centrais para desenvolver um ensino por competências. Isso fica especialmente claro nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+). Apesar do que é descrito pelos documentos oficiais, a unidade quanto ao que seja um ensino contextualizado de Química, ainda necessita de muitos trabalhos e discussões que culminem num entendimento consensual.

Inicialmente, foi preciso realizar um estudo em trabalhos já realizados sobre a contextualização, como forma de entender melhor o seu sentido e significado dentro dos documentos curriculares oficiais do ensino básico, principalmente, em relação ao ensino das CNT e da Química.

2.1 - Os significados da contextualização do e para o ensino.

A expressão “contextualização do ensino” teve destaque a partir de sua inserção nas DCNEM (1998), sendo ratificada nas posteriores complementações de orientação da educação básica (PCN, PCN+ e OCNEM). A partir disso, as discussões sobre sua aplicação em sala de aula, já era contemplada com denominações variadas em alguns trabalhos de pesquisa (RODRIGUES e AMARAL, 1996, por exemplo), com o objetivo de atribuir-lhe um significado adequado e amplo para seu entendimento no ambiente escolar (KATO e KAWASAKI, 2011).

Trabalhos posteriores (LIMA et al, 2000; WARTHA; FALJONI-ALÁRIO, 2005), trouxeram mais discussões a respeito das concepções sobre o termo contextualização, pois nem sempre as elencadas eram claramente explícitas quanto

ao seu significado e sentido, pois seu entendimento deriva de diferentes compreensões, ou seja não se constituía em um consenso conceitual.

Wartha e Faljoni-Alário (2005) destacam que a finalidade da contextualização não é apenas motivar o estudante ou ilustrar aplicações do conhecimento químico, mas desenvolver atitudes e valores que propiciem a discussão das questões ambientais, econômicas, éticas e sociais. Ainda segundo os autores, contextualizar é construir significados, e significados não são neutros, incorporam valores porque explicitam o cotidiano, constroem compreensão de problemas do entorno social e cultural, ou facilitam viver o processo da descoberta (WARTHA; FALJONI-ALÁRIO, 2005).

Costa-Beber e Maldaner (2010) em pesquisa sobre o significado da contextualização, em documentos curriculares oficiais da educação básica, que orientavam o ensino nas instituições escolares das esferas municipal, estadual e federal do território brasileiro, encontraram dez concepções diferentes para este termo, trazendo à reflexão de que essas diferentes compreensões desse princípio corroboram significativamente para com a dificuldade de o professor ter como prática educativa a abordagem dos conhecimentos conceituais de forma contextualizada.

Com respeito ao termo “*contextualização*”, com o fim de entender o porquê de tantos questionamentos sobre a compreensão de seu significado, foi possível constatar que não há uma definição direta. Na fonte da Academia Brasileira de Letras-ABL (2008) o verbo que se refere à contextualização destaca que:

Contextualizar significa apresentar as circunstâncias e o contexto em que se dá o fato, manifesta-se a ideia, processa-se o comportamento, ou seja, traz o sentido de compreensão acurada de uma situação, ideia ou processo (ABL, 2008).

De acordo com Rodrigues e Amaral (1996),

[...] contextualizar o ensino significa trazer a própria realidade do estudante, não apenas como ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem, mas sim como o próprio contexto de ensino.

Lima et al. (2000), a partir de uma crítica ao ensino de Química, não contextualizado, cuja prática tem-se limitado a cálculos matemáticos, memorização de fórmulas e nomenclaturas de compostos e, sem a valorização dos aspectos

conceituais e das atividades que envolvem o discente de uma forma ativa frente ao conhecimento, propuseram um ensino alternativo desenvolvido a partir de uma abordagem contextualizada. A contextualização do ensino ocorre quando são considerados os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos (LIMA et al., 2000).

Em concordância como os autores e a partir da vivência em sala de aula, foi possível perceber que o papel do professor, dentre outros, seria o de criar situações comuns ao dia a dia do estudante, mas dentro do que preceitua a contextualização, fazendo-o interagir ativamente de modo intelectual e afetivo com o conteúdo conceitual do conhecimento científico e químico.

O ensino de Ciências e Química precisa ser apresentado por meio de temas sociais, que façam parte das realidades vivenciadas pelos discentes no cotidiano, desenvolvendo competências e habilidades que lhes permita construir novos conhecimentos ou ressignificar conhecimentos preexistentes e, por meio destes, fazer uma interpretação do mundo físico com uma visão mais crítica e real.

2.2 - A contextualização nos documentos curriculares oficiais da educação básica e na literatura.

A contextualização do ensino e a interdisciplinaridade, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, são os norteadores para a organização do currículo escolar do sistema educacional brasileiro. De acordo com o DCNEM:

Interdisciplinaridade e contextualização formam o eixo organizador da doutrina curricular expressa na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1996).

Elas abrigam uma visão do conhecimento e das formas de trata-los para ensinar e para aprender que permite dar significado para a integração duas outras dimensões do currículo de modo a evitar transformá-las em novas dualidades, ou reforçar as já existentes: base nacional comum/parte diversificada, e formação geral/preparação básica para o trabalho. (BRASIL, 1998, p. 50).

Contrariamente às orientações dos documentos curriculares oficiais, a prática educativa da contextualização do ensino não se evidencia no contexto do processo de ensino- aprendizagem das disciplinas como, por exemplo, a Química, nas salas de aula, conforme sugerem as pesquisas registradas pela literatura nessa área de

estudo, mantendo-se aquém de uma abordagem crítica para a formação cidadã, cujo fim principal é o da resolução de problemas sociocientíficos do mundo real.

A abordagem de aspectos sociocientíficos traz o entendimento de que a formação do sujeito como cidadão, deve ir além do ensino simplista das nomenclaturas científicas de fenômenos e materiais do cotidiano, ou ainda, da mera exemplificação de princípios científicos e tecnológicos do funcionamento de utensílios do dia a dia. De acordo com Santos (2007), a contextualização pode ser vista com os seguintes objetivos: 1) desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística frente às questões sociais relativas à ciência e à tecnologia; 2) auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos concernentes à natureza da ciência; e 3) encorajar os estudantes a relacionar suas experiências escolares em Ciências com problemas do cotidiano.

A partir da análise dos documentos curriculares oficiais e da literatura pertinente, entendeu-se que a educação, nas escolas, ainda se mantém, essencialmente, tradicional, tratando os conteúdos escolares, sem um contexto científico e, foi a partir dessa constatação que a contextualização foi introduzida como uma forma de evitar a fragmentação do ensino, e seu consequente isolamento, proporcionando aos discentes a oportunidade de construir seu conhecimento, de forma autônoma, crítica e consciente, em detrimento do modelo oferecido pela forma tradicional, cuja tendência pedagógica contemplava-lhes com os conhecimentos já prontos e elaborados (AGUIAR e DE CASTILHO, 2016).

2.3 - A contextualização dos conteúdos nos livros didáticos.

No que concerne aos LD, este trabalho teve como foco apenas verificar o quanto o conteúdo da estequiometria é contextualizado, bem como, a qualidade das informações contextuais, neles contidas, afinal de contas, são amplamente recomendados e utilizados como recurso metodológico no processo de ensino-aprendizagem no ambiente escolar. É muito difícil avaliar a eficiência e a eficácia de um LD; o quanto um livro ensina, bem como, também é difícil saber como dois livros diferentes diferem na sua capacidade de ensinar (WARTHA e FALJONI-ALÁRIO, 2005).

Os livros didáticos (LD) sofrem constantes mudanças para adequação ao Programa do Catálogo Nacional do Livro para o Ensino Médio (PCNLEM)

(BRASIL, 2007 e 2008), principalmente quanto ao enfoque de conceitos, conteúdos e temáticas. Essas mudanças, porém, restringem-se, apenas, na alteração da arte visual dos LD, pela inclusão de imagens, como as de estruturas de composição da matéria, gráficos, tabelas, esquemas e fotografias. Isto, por si só, não garante a compreensão da contextualização do conteúdo a ser aprendido.

A leitura e interpretação da arte visual constantes dos LD, de um software educacional, de um artigo de revista, de um texto extraído da internet, precisam ser ensinadas, pelo professor, para que não se constituam em meras ilustrações ao olhar dos estudantes. A compreensão dos conteúdos desses materiais didáticos precisam ser a garantia de uma aprendizagem significativa dos conhecimentos conceituais dos conteúdos químicos (SILVA et al., 2006, p. 219).

Diante desse panorama, o livro didático, por não traduzir em suas ilustrações um contexto que facilite no processo de ensino-aprendizagem a apreensão dos conceitos químicos, em especial os relacionados à estrutura da matéria e suas transformações, envolvidos no tema estequiometria, não pode ser considerado como uma fonte essencial de consulta ao conhecimento, no ambiente escolar.

Sendo assim, faz necessária e importante, a abordagem dos conteúdos químicos, através da utilização da contextualização como estratégia de ensino, com o intuito de aproximar os conhecimentos cotidianos dos estudantes aos conhecimentos científicos, a partir de temas relevantes do mundo físico.

2.4 - A contextualização no ensino de Ciências e da Química.

Nos PCNEM, de acordo com Wartha e Faljoni-Alário (2005), na área de Matemática, Ciências e suas Tecnologias (Brasil, 1999b), verifica-se ser premente a articulação do conhecimento científico com valores educativos, éticos e humanísticos que permitam ir além da simples aprendizagem de fatos, leis e teorias. Ainda, segundo os autores, é importante a formação cidadã do estudante com vistas a garantir sua sobrevivência e capacidade de atuação numa sociedade científica e tecnológica, onde a Química tem papel preponderante no cotidiano das pessoas, sob aspectos investigativos, produtivos e de desenvolvimento socioeconômico (WARTHA; FALJONI-ALÁRIO, 2005).

De acordo com França (2005, p. 10) ao se ensinar fórmulas e símbolos sem a contextualização dos conteúdos, não instigaremos os discentes ao

pensamento autônomo e crítico, pois estes são incapazes de contextualizar conhecimentos que recebem de forma fragmentada e, a partir destes entender os processos que os cercam.

A não contextualização da Química pode ser responsável pelos altos índices de rejeição e, conseqüente, reprovação dos estudantes, dificultando o processo de ensino e aprendizagem. A esse contexto se soma também a falta de preparo dos professores para a contextualização dos conteúdos (Zanon e Palharini, 1995, apud Lima et al., 2000, p. 26).

Ainda como justificativa para a investigação objeto deste trabalho, estava a de demonstrar que ao se contextualizar o ensino da estequiometria, o foco principal é o de contribuir para com a aprendizagem de conceitos químicos que conduzam o discente à compreensão da significação das estruturas submicroscópicas durante suas transformações, conservações e recombinações nas reações químicas, opondo-se aos constantes relatos de pesquisas que enfatizam que as dificuldades de aprendizagem em cálculos estequiométricos, residem no fato de que os estudantes têm dificuldades matemáticas, tais como o estabelecimento de proporções e, até mesmo, na falta de domínio das quatro operações fundamentais da aritmética (PIO, 2006).

Diante do exposto, o estudo sobre a contribuição da contextualização no processo de ensino-aprendizagem da estequiometria, em nível submicroscópico, constitui-se, assim, num tema importante a ser investigado e compreendido, no sentido de como ele se insere no ensino de assuntos, conceitos e conteúdos que integram os processos de construção dos conhecimentos químicos tipicamente escolares.

No ensino contextualizado da Química, uma atividade experimental pode contribuir para a compreensão de conceitos químicos e, como estratégia, deve ser dirigida para o que o discente já consegue fazer, entendendo-se que o mesmo não chega desprovido de conhecimento na sala de aula; ao contrário, traz conhecimentos prévios que, podem e devem ser ressignificados, objetivando uma aprendizagem significativa, bem como, um conhecimento químico sobre estequiometria, necessários ao desenvolvimento de competências e habilidades que o auxiliem na interpretação e resolução de problemas do mundo em que vive.

Através das pesquisas científicas, objetivam-se os avanços na compreensão das inter-relações, entre conhecimentos cotidianos e científicos, que integram os conhecimentos químicos significativos e socialmente relevantes, principalmente quanto ao uso de representações de estruturas submicroscópicas. Contribui para com pesquisas já realizadas, promove a construção de novos saberes que culminam em uma educação escolar comprometida e socialmente responsável, no âmbito dos níveis médio e universitário, capaz de proporcionar um ensino que potencialize a aprendizagem e o desenvolvimento dos estudantes, como cidadãos, tal como pressupõe a LDBEN (BRASIL, 1996) e referenda-se nas OCNEM (BRASIL, 2006).

Os estudos aqui realizados tiveram como enfoque a revisão das concepções da contextualização e sua aplicabilidade no ensino da estequiometria, visando constatar sua eficácia na significação e ressignificação de conceitos químicos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem deste tema, tão relevante para os conteúdos da Química, além de compará-las com os registros contidos nos documentos curriculares oficiais.

2.5 - Contexto para a abordagem da contextualização.

Neste trabalho procurou-se pesquisar como e de que forma a contextualização poderia contribuir para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos fundamentais de Química, que embasam o conhecimento do tema estequiometria, tais como quantidade de matéria (ou substância, de acordo com Furió), a unidade o mol, conservação da matéria, reagente limitante e em excesso, a interpretação das transformações da matéria em seus três níveis de interação (macroscópico, submicroscópico e simbólico), porque a falta de compreensão de seus significados, acabam por conduzir os estudantes a dificuldades de aprendizagem.

Com a contextualização do ensino da estequiometria, nesta pesquisa, teve-se como objetivo promover aos estudantes recém-formados no ensino médio, ingressantes nos cursos de Engenharia e Geologia da UFAM, um aprofundamento no estudo e aprendizagem de conceitos químicos, sobre a aplicação das leis ponderais em cálculos estequiométricos, com vistas a diminuir, em parte, as

dificuldades de aprendizagem desse conteúdo por ocasião da disciplina Química Geral I, que era um componente curricular de seus cursos de graduação.

Foram trazidos para o estudo contextos da vivência dos estudantes visando tira-los da mera condição de espectador, na qual receberiam o conteúdo de sua aprendizagem pronto e fragmentado, para a de agente, onde, nessa condição, poderiam interferir na construção do seu próprio conhecimento em todo o processo de ensino-aprendizagem, bem como estabelecer as conexões entre os conhecimentos construídos e/ou ressignificados, levando-o a resolver problemas e a mudar a si próprio e ao mundo ao seu redor.

A contextualização foi inserida nesta pesquisa, com abordagens que utilizaram estratégias de ensino que mobilizaram os discentes a incorporar conceitos químicos sobre os níveis submicroscópicos da estequiometria para situações que lhes foram apresentadas na forma de aulas temáticas, atividades lúdicas (dramatização), experimentação, analogias e a modelagem, com o uso de materiais de baixo custo, por estarem mais próximos da realidade que se queria inserir os estudantes.

Puderam ser abordados aspectos com contextos relacionados a problemas ou fenômenos classificados como psíquicos, físicos, econômicos, sociais, ambientais, culturais, políticos, que não necessariamente tinham conexão direta com os estudantes, mas que, de alguma forma, relacionavam-se a situações vividas por seus familiares ou indivíduos da sua comunidade.

Outra concepção em voga é aquela na qual a contextualização significa um método de ensino que aumenta a motivação e facilita a aprendizagem. Todavia, deve-se destacar que essa abordagem não pode ser vista como uma “vara mágica”, no sentido de que ela, por si só, vai resolver os problemas da educação, ou seja, como se o fato de o professor contextualizar suas aulas já fosse suficiente para que os alunos aprendam os conteúdos escolares. A simples inclusão de questões do cotidiano pode não implicar a discussão de aspectos relevantes para a formação do aluno enquanto cidadão ou não motivar suficientemente os alunos para se interessar por ciências.

CAPÍTULO 3

OS MODELOS CIENTÍFICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E QUÍMICA.

Neste capítulo explicitaremos o que estamos chamando de modelos. Faremos uma breve exploração das suas categorias e suas relações com o ensino, bem como, da estratégia adotada pelo ensino, baseada na construção de modelos ou na modelagem.

O ensino de Ciências da Natureza, no que concerne à Química, requer o uso de estratégias metodológicas que visem à ampliação da capacidade de abstração do discente, no sentido de facilitar a aprendizagem de conceitos científicos que embasam, teoricamente, os fenômenos que ocorrem sistematicamente no cotidiano social e tecnológico de um indivíduo.

De acordo com Pozo e Crespo (2009), ao se ensinar Química como integrante da área de Ciências da Natureza, tem-se como objetivo que o discente compreenda, interprete e seja capaz de analisar o mundo que o cerca, bem como suas propriedades e as transformações que nele ocorrem, recorrendo, com um pouco de imaginação e pensamento, a modelos que se referem a estruturas que, segundo a ciência, constituem a matéria.

A estratégia de ensino que lança mão da modelagem de estruturas químicas, em sala de aula, vem se constituindo em uma ferramenta profícua no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos fundamentais da Química, inclusive, com resultados positivos que demonstram sua eficiência na superação de possíveis dificuldades de aprendizagem que podem advir da falta de sua aplicabilidade na apresentação de temas relacionados aos conteúdos escolares.

3.1 - Breve histórico da modelagem na Ciência.

Segundo o processo histórico, a modelagem teve sua evolução e importância evidenciada nos dias atuais, a partir de trabalhos imprescindíveis de alguns cientistas que, de uma forma ou outra, contribuíram para que essa estratégia se consolidasse como instrumento de ensino eficaz no processo de ensino de Ciências em várias áreas do conhecimento. Para tanto, com vistas a destacar os estudos que mais contribuíram com o estudo e o ensino da Química, elaborou-se uma breve linha tempo:

- 1808 – John Dalton – publica o *“New System of Chemical Philosophy”*, obra importante sobre a teoria atômica, contendo a proposta de que cada elemento possuía diferentes massas. Ideia precursora do modelo atômico de Dalton.
- 1811 – John Dalton – desenvolve uma atividade com o uso de modelos de átomos e moléculas simples, diatômicas, com a finalidade de auxiliar suas ideias acerca das estruturas de composição da matéria.
- 1848 – Louis Pasteur – Observa a existência de substâncias capazes de desviar a luz polarizada, os isômeros ópticos e, a partir dessa descoberta, consegue entender a ação de algumas substâncias no organismo humano. Apesar disso, não tinha como explicá-las estruturalmente, apenas as idealizava em modelos mentais.
- 1867 – August Kekulé – Em *“On some points of chemical philosophy”*, é possível encontrar uma evidência da construção de modelos, aos quais se refere como sendo a Terceira Dimensão da Ciência.
- 1874 – Jacobus van’t Hoff – através do modelo do carbono tetraédrico propôs estender no espaço as fórmulas estruturais corretamente empregadas em Química, e usou-o na descrição dos isômeros ópticos do ácido tartárico.
- 1890 – Hermann Sachse – explicou, através de modelos, o erro existente na teoria das tensões de anéis de Bayer. No mesmo ano publicou um trabalho prevendo a existência das estruturas da “cadeira” e do “barco” para o ciclohexano.
- 1900 a 1920 – Teoria de Valência – o uso dos modelos de bolas e varetas apresentou-se de forma mais sistemática, nas literaturas, pertinentes ao estudo das estruturas atômicas e moleculares.

A partir desse processo histórico, cabe aqui salientarmos que, nos dias atuais, muitos trabalhos vêm trazendo discussões acerca da modelagem no ensino, pois como o entendimento sobre o significado de modelos e sua serventia contemplam várias definições, a sua utilização em sala de aula requer uma atenção quanto aos objetivos a serem alcançados com relação à abordagem temática, a partir da qual se quer desenvolver no estudante a compreensão necessária para entender o conhecimento conceitual do conteúdo curricular a ser estudado.

Conforme dito anteriormente, as definições para o que chamamos de modelo são várias e, de acordo com o ponto de vista, acabam por trazer, implicitamente, as concepções que cada autor infere em seu trabalho, a partir de seu modelo mental, o que sugere que não representam modelos perfeitos e definitivos. Ainda assim, destacam-se aqui algumas concepções cujo significado se aproximou mais aos objetivos deste estudo no processo de ensino-aprendizagem da estequiometria relacionada à matéria e suas transformações.

3.2 - Algumas considerações sobre as definições de modelos.

Segundo Levine (1974) um modelo pode ser definido como um método auxiliar de ensino, uma ferramenta pedagógica “específica” para compreendermos os conceitos implícitos nos fenômenos reais. Para Ingham e Gilbert (1991) um modelo é uma representação simplificada de um fenômeno no qual concentra a atenção em aspectos específicos e facilita o pensamento científico.

De acordo com Hardwicke (1995) modelo é a representação de um objeto ou de um conceito, o qual ao representar o mundo real, contempla o significado que lhe é atribuído na totalidade das ideias da evolução da ciência. Segundo o autor, a modelagem é o aspecto central da ciência; já a palavra modelo, além das várias definições, pode apresentar vários e diferentes usos.

Com relação aos usos, procurou-se trazer para este estudo, uma classificação dos modelos de BLACK, onde os modelos são classificados de acordo com sua utilidade. De acordo com o autor, o tipo de modelo mais familiar é o de *escala*, com o fim de que se pareça o máximo possível com o real, constituindo-se assim em sua réplica projetada. Outras classificações para os modelos seriam:

- Modelo de analogia – representação de algum objeto material, sistema ou processo designado a produzir, tão fielmente quanto possível, em algum novo meio, a estrutura ou tecer uma relação com o original.
- Modelo matemático – as propriedades físicas são representadas como variáveis, e essas variáveis podem ser: uma equação matemática. Ex.: $P = m.g.h$.
- Modelo teórico – é o que envolve a produção concreta de algum fenômeno, o qual pode ser aplicado para o estudo do fenômeno sem sequer fazermos suposições teóricas sobre ele (apud HARDWICKE, 1995).

De acordo com Levine (1974), a utilização de modelos deve levar em conta algumas regras que darão o direcionamento correto de sua aplicação ao fenômeno que se quer estudar. Para isso, um “passo a passo” ajuda na validade da sequência lógica para a atividade experimental de modelagem, como se segue:

- No processo de ensino-aprendizagem por meio dos modelos, só podem ser apresentadas observações e fatos que sejam do conhecimento do estudante;
- A representação de estruturas moleculares através do uso de modelos deve ser gradativa, de modo que um modelo anterior não se choque, com nenhum outro modelo mais sofisticado que será introduzido no futuro;
- O modelo deve ser acrescentado ao conhecimento que o estudante já possui, respeitando a capacidade individual de cada estudante, uma vez que um discente nunca é igual ao outro, muito abstrai como o outro.

3.3 - A conceituação dos modelos explicativos e suas tipologias.

Os documentos curriculares oficiais da educação básica, como o PCNEM e as OCNEM sinalizam o uso de modelos explicativos como uma potencial estratégia para o estudo da Química e, conseqüente, diminuição das dificuldades de aprendizagem que esta disciplina promove aos discentes. Contudo, os estudantes, no estudo da Química, precisam desenvolver competências e habilidades que os ajudem a utilizar os modelos. Mas, que modelos explicativos são esses? Como podem ser conceituados?

Retomando os questionamentos lançados na problematização da pesquisa e, estes consonantes com os referentes aos modelos, verificou-se que o conceito de modelo considera vários sentidos e categorias na literatura (KAPRAS et al, 1997). Analisando os trabalhos referendados sobre o tema, foram encontradas quatro categorias, a saber: os modelos mentais, os modelos científicos, os modelos curriculares e os modelos didáticos.

Os modelos mentais de acordo com a teoria de Johnson-Laird (apud MOREIRA, 1996), se originam a partir da busca dos indivíduos em criar em seu interior mental uma explicação que represente e lhes façam compreender as transformações que dão significado ao mundo ao seu redor. Cabe ressaltar que por serem a internalização individual do ser cognitivo, os modelos mentais são as expressões que variam continuamente em força, quantidade e qualidade do conhecimento, portanto não permitem o acesso direto de outras pessoas, porém

podem ser externados na forma de modelos representativos.

Por um modelo científico, compreende-se uma produção difundida por uma comunidade científica, com caráter provisório e consensual, que agrega uma gama de hipóteses de uma área do conhecimento, numa problematização da realidade, e que exige dos estudantes um nível de abstração, que o coloca além dos campos operatórios do desenvolvimento dos educandos, principalmente, quanto à exigência de conhecimentos prévios, que são pré-requisitos para atuar sobre a formalidade peculiar desse tipo de modelo (GALAGOVSKY e ADÚRIZ-BRAVO, 2001).

A aproximação de um modelo construído pelos discentes, com o intuito de compreender um fenômeno químico, para com um modelo aceito pela comunidade científica, dentro do cotidiano da sala de aula é realizada pelo que conhece como o *modelo curricular*, que é uma estratégia utilizada na mediação entre o que foi construído e o que é aceito (JUSTI e GILBERT, 2001 e 2002). De acordo com Santos (2013) a elaboração de um modelo curricular deve estar vinculada à estrutura conceitual do modelo científico ao qual se refere, considerando as ideias prévias e as habilidades apresentadas pelos discentes. A autora afirma ainda que os modelos didáticos, tais como: objetos concretos, imagens, analogias, esquemas ou ferramentas alternativas, podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos modelos curriculares.

Como modelos didáticos, compreendem-se as representações associadas a um modelo científico, que se constituem em instrumentos visuais (desenho de um orbital, esquema de uma célula) ou tácteis (modelos moleculares), cuja função é a de auxiliar na visualização de estruturas abstratas, sendo também chamados de representações concretas (GALAGOVSKY e ADÚRIZ-BRAVO, 2001) e de modelos iconográficos (CASTRO, 1992; GUEVARA e VALDEZ, 2004). Ainda sobre essa classificação, Gilbert (2004) sinaliza que em uma atividade de modelagem, os modelos moleculares podem ser expressos de cinco maneiras:

- O modo concreto (material) é tridimensional e feito de materiais resistentes, como modelos plásticos de pau e bola para a representação de um retículo iônico (...);
- O modo verbal pode consistir na descrição de entidades e da relação entre elas na representação como, por exemplo, a natureza das bolas e paus na representação pau e bola (...). Isso pode consistir também nas metáforas e analogias em que cada modelo está baseado, por exemplo, 'ligação covalente envolve o compartilhamento de elétrons' que pode ser

diferentemente representada por um pau na representação pau e bola ou na representação de esferas. As duas versões podem ser faladas ou escritas;

- O modo simbólico consiste de símbolos e fórmulas químicas, equações químicas, e expressões matemáticas, equações particulares, por exemplo, a lei geral dos gases, as leis de taxa de reação.
- O modo visual faz uso de gráficos, diagramas e animações. Representações bidimensionais de estruturas químicas (desenhos) caem nessa categoria, bem como os 'modelos virtuais' produzidos por programas de computador.
- Finalmente o modo gestual utiliza o corpo ou suas partes, por exemplo, a representação do movimento dos íons durante a eletrólise por meio da movimentação dos estudantes em um contra-fluxo (GILBERT, 2004, p. 118) [tradução Santos, 2013]

Apesar da inviabilidade de se ensinar a construção de modelos na sala de aula (SANTOS, 2013), os modelos fazem parte do cotidiano do ensino de Química, mesmo que, em muitas das vezes, o docente da disciplina não se dê conta de suas presenças na forma modelos curriculares, presentes nos livros, e como modelos didáticos no uso de materiais concretos para representar os conceitos.

Nesse trabalho adotaremos a definição de Gilbert e Boulter (1995) citada por Ferreira e Justi (2008, p. 32):

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.

Essa definição assume que o modelo não corresponde à realidade, apenas a representa. Os modelos podem desempenhar muitas funções, como: simplificar a representação de objetos, visualizar materiais abstratos, fundamentar interpretações, auxiliar o processo de explicação, facilitar a comunicação e fundamentar previsões (JUSTI e GILBERT, 2001).

3.4 - Os modelos didáticos no ensino.

A partir de uma análise da literatura pertinente ao tema, e ainda que o ensino da modelagem seja de certa forma inviável, a utilização dessa prática no processo de ensino-aprendizagem de Química não pode se dar de maneira aleatória, pois na construção de uma modelo, o estudante deve promover uma interação entre seus modelos mentais e os modelos didáticos e, que estes sejam adequados para a

compreensão e interpretação da realidade (COSTA; ZORZI, 2008).

Dessa forma, a abordagem de modelos não deve ser desconsiderada na sala de aula, uma vez que, será a partir de sua aplicação que os estudantes acabarão por desenvolver a capacidade e as habilidades cognitivas para a elaboração de modelos, bem como, de validar seu uso ou não no processo de interpretação e compreensão do fenômeno ao qual está relacionado e em estudo.

De acordo com Coll (2005) a abordagem do ensino através da elaboração de modelos, permite aos educandos ter consciência sobre a importância de construir, compreender e refletir sobre o seu saber científico. O autor destaca que esta é uma estratégia pedagógica que tem a finalidade de potencializar nos estudantes a apreensão do conhecimento.

A abordagem da modelagem no cotidiano da sala de aula mostra uma aceitação dos modelos, pelos discentes, como sendo a própria realidade, e não a sua representação, como aponta a literatura (GALAGOVSKY e ADÚRIZ-BRAVO, 2001; GUEVARA e VALDEZ, 2004). Para tanto, o trabalho com elaboração de modelos precisa ser cuidadoso e meticuloso quanto ao fenômeno que se quer estudar e quanto à escolha do modelo que representará o referente.

Santos (2013) sugere discussões sobre as representações, mostrando que estas consistem em uma imagem particularizada e simplificada de um aspecto da realidade, que por definição, é incompleto quando comparado ao seu referente, usualmente complexo. Só algumas características do referente ou do sistema objeto se encontram presentes no modelo (CASTRO, 1992, p. 74).

Ao citar que, em eventos que envolvam a elaboração de modelos pelos estudantes, há a necessidade de uma maior atenção quanto à escolha de um modelo adequado para com o fenômeno estudado, encontramos em Coll (2005) que os estudantes podem aprender um modelo sem entender a relação com o conceito que está sendo ilustrado. A não percepção da limitação de um modelo pode conduzir um estudante à construção de concepções alternativas¹¹; insistência no uso de modelos mais simples, mesmo diante de uma gama de modelos mais sofisticados;

¹¹ Ideias que levam os estudantes a manifestar erros conceituais (respostas incoerentes com o conhecimento científico que diferentes alunos de diversos níveis de ensino e regiões fornecem repetidamente e com segurança a questões que necessitam da expressão desse conhecimento).

baixa capacidade de abstração; dificuldade de aplicação do modelo em contextos diferentes e mistura de diferentes modelos.

Gilbert (2004) elenca quatro passos pelos quais os alunos devem passar durante a educação básica para desenvolver a capacidade de produzir e testar seus próprios modelos, que podem ajudar com a superação das dificuldades apresentadas. São estas:

- Aprender a usar modelos: trata-se da aplicação dos modelos construídos em situações em que os resultados serão positivos;
- Aprender a revisar modelos: consiste na reformulação do modelo criado para adequação a novos contextos ou novos objetivos. Envolve ciclos de discussões e revisões dos modelos criados entre os estudantes até que se alcance certo grau de concordância;
- Aprender a reconstruir um modelo: envolve o processo de construção de um modelo que os estudantes sabem que existe, mas desconhecem os detalhes. Isto só será possível através da apresentação aos estudantes, de questões sucessivas, com níveis crescentes de dificuldades que exijam o desenvolvimento de testes mentais ou práticos para construção dos modelos.
- Aprender a construir modelos "de novo": a construção de um modelo novamente envolve a percepção da emergência das propriedades do modelo inteiro a partir das propriedades dos componentes do modelo.

De acordo com o autor o sucesso da aprendizagem de conceitos, a partir de modelos, em uma atividade de modelagem, depende da ênfase dada a alguns aspectos durante o processo, tais como:

- *O estudante deve entender aceitavelmente o que é um modelo.* O que o professor pode fazer ao oferecer ao estudante experiências com uma ampla variedade de modos de representação dos modelos. Nesse período, é importante que se destaque a utilidade dos diferentes modelos em um determinado campo de estudo, suas abrangências e limitações. E, eles devem ser incentivados a usar diferentes formas para construir seus modelos.
- *O estudante precisa ter a capacidade de visualizar os modelos mentalmente.* Isso envolve a capacidade de abstração do indivíduo que vai se desenvolvendo

com o avanço da idade e com a oferta pelo professor de experiências com representações.

- O estudante deve entender aceitavelmente a natureza das metáforas e das analogias.

3.5 - O ensino da estequiometria através do uso da modelagem.

Os tópicos da Química, segundo os documentos curriculares oficiais, podem ser abordados por três perspectivas diferentes que se relacionam mutuamente: macroscópica, submicroscópica e simbólica, que podem ser organizados em um triângulo como mostrado na figura 2, os modelos desenvolvidos no ensino de Química devem tratar desses três níveis do conhecimento químico e das relações estabelecidas entre eles.

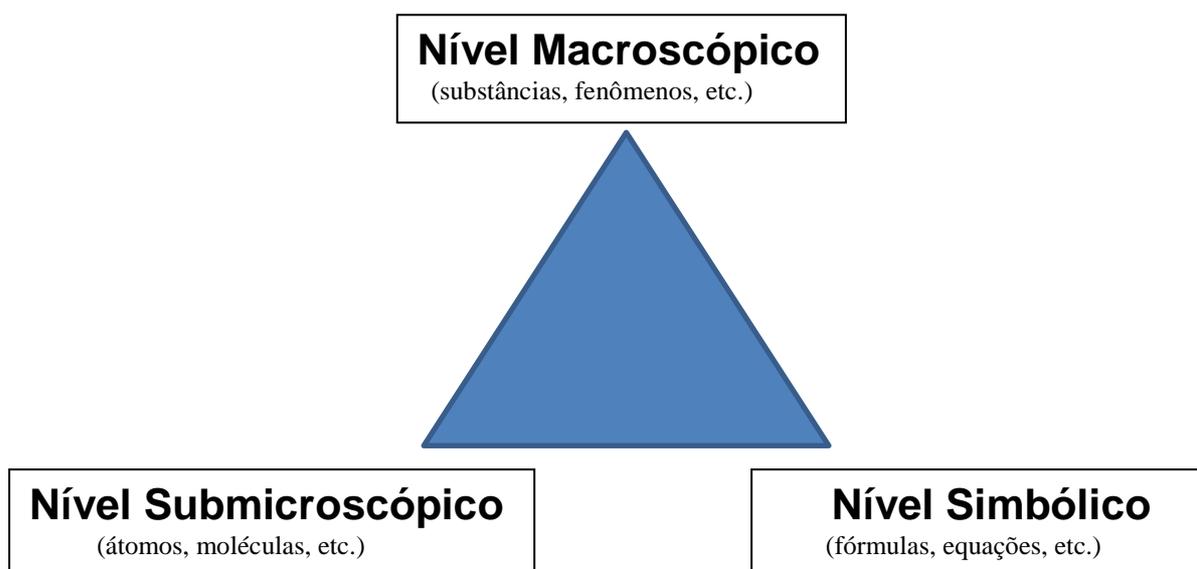


Figura 2 – Triângulo dos significados em Química (De JONG e TABER, 2007, p.631) [tradução nossa].

Considerando as dificuldades dos estudantes referentes à relação entre os domínios submicroscópico e simbólico, e os resultados obtidos nos estudos anteriores (FERREIRA, 2006; SOUZA, 2007; MENDONÇA, 2008), pretendemos usar a modelagem como estratégia para a compreensão dos significados das relações entre esses dois domínios no ensino de estequiometria.

O uso de modelos moleculares no ensino de Química tem uma grande importância no processo de ensino-aprendizagem, pois sustenta, por exemplo, a visualização das ligações químicas existentes entre os núcleos atômicos que

compõem uma molécula, e assim, sucessivamente, com outras estruturas que caracterizam as entidades químicas.

O modo como alguns temas específicos são abordados em sala de aula, tais como: ligações químicas, estruturas moleculares, balanceamento de reações, estequiometria, conduz o estudante a imaginar a Química como uma ciência abstrata, já que, muitas vezes, ele não consegue conceber essas ideias no espaço, principalmente o tridimensional, dificultando consideravelmente o aprendizado, além de transmitir o conceito errôneo de que o estudo da Química é meramente decorativo (SANTOS; SILVA, 2014).

De acordo com Santos e Silva (2014), torna-se evidente que a inclusão de atividades que envolvam a modelagem de estruturas submicroscópicas pode favorecer, consideravelmente, a aprendizagem significativa de conceitos químicos da estequiometria, como mol, quantidade e conservação da matéria, a interpretação do significado de Número de Avogadro, tão presentes nos fenômenos da realidade cotidiana.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo são retomados os objetivos do estudo, apresentando as estratégias aplicadas para responder ao problema central da pesquisa. Para se alcançar a postura dos estudantes como agentes do processo de ensino-aprendizagem, foram realizadas atividades que favorecessem a expressão de suas opiniões, as quais levaram em consideração suas principais dificuldades, as propostas já existentes e as discussões explicitadas em capítulos anteriores.

O processo de ensino-aprendizagem de conceitos fundamentais de Química requer, como pré-requisito, uma interação entre os objetivos a serem alcançados em seu estudo e a forma com a qual os objetivos podem ser alcançados, sendo que o processo em si, depende de uma interação (aproximação) entre docente e discente. A proximidade entre esses agentes do processo pode ser uma aliada para que um estudante se motive pelo estudo e se interesse em participar mais ativamente na sala de aula, e ainda, busque o conhecimento químico além dos limítrofes do ambiente escolar.

Diante disso, a escolha das ações metodológicas deve ser rigorosamente estudada e planejada, uma vez que o âmago do processo de ensino-aprendizagem se sustenta na interação diária entre os sujeitos da atividade escolar, e que resulta da conexão entre os conteúdos escolares e suas finalidades, com as estratégias empregadas na apreensão desses conteúdos, que de acordo com Urquieta (1991), pode ser chamado de “ato de ensino”.

O procedimento metodológico, neste estudo, no que tange ao desenvolvimento de atividades que abordassem os conceitos químicos, incluindo principalmente a estequiometria, foi estruturado pela utilização de materiais comuns ao cotidiano dos educandos, ou seja, os alternativos, pois os conhecimentos prévios que os discentes adquirem são decorrentes da manipulação sistemática desses materiais nos afazeres do dia a dia. Cabe salientar que nem sempre uma escola da rede pública do ensino básico, dispõe do “*material adequado*” para a execução de uma atividade experimental.

Aliás, a falta do chamado material adequado serve como justificativa para a não realização de atividades práticas no ambiente escolar, como se o adequado, em hipótese alguma, conduzisse a resultados insatisfatórios. Uma coisa é certa, o uso

de materiais alternativos, requer do professor uma profunda reflexão e elaboração da atividade a ser apresentada na sala de aula, com vistas a obter resultados similares aos que obteria se houvesse lançado mão de materiais padrão. Em suma, o fato de um material de ensino ser considerado alternativo, não exclui a necessidade de um planejamento minucioso para sua aplicação na sala de aula, pois a partir dele depreende-se que o educando possa desenvolver sua capacidade de pensar e agir de forma crítica e consciente, de acordo com o que preceitua o ensino de Química.

A metodologia, diante do exposto, tem como função estratégica, promover aos discentes o exercício de suas capacidades, com o propósito de ajudar-lhes a aprender, observar, elaborar hipóteses, obter dados, aplicar o conhecimento às novas situações, planejar e realizar investigações.

De acordo com Urquieta (1991), a compreensão da Química pode ser alcançada por meio da aplicação de uma ou mais metodologias de ensino, cujos procedimentos são destacados a seguir: método dedutivo, método indutivo, método de projetos, método de problemas e método prático-teórico.

Neste trabalho, dos métodos elencados pelo autor, a metodologia da pesquisa foi embasada nos métodos a seguir:

- Dedutivo: foram apresentadas afirmações, conceitos e/ou princípios, para que os discentes extraíssem destes as conclusões necessárias ao entendimento da estrutura atômica na constituição e transformação matéria;
- Problemas: as situações problematizadas foram contextualizadas com o cotidiano, com a finalidade de provocar a motivação nos estudantes, através da qual pudessem manifestar um maior interesse em buscar respostas para novas situações apresentadas e, que continham como soluções o enfoque simbólico-matemático da estequiometria que, porventura, ainda não haviam sido assimilados significativamente em percursos anteriores ao estudo;
- Prático-teórico: consistiu em materializar as ideias dos discentes acerca dos fenômenos descritos no desenrolar das situações problematizadas, de modo que, destas pudessem abstrair os conceitos estudados sobre a estrutura atômica, a matéria e suas transformações, as reações químicas e o balanceamento das equações químicas, as leis de conservação das massas, a quantidade de matéria e a sua unidade o mol, a constante de Avogadro, reagente limitante e em excesso, rendimento, grau de pureza, volume molar e

fórmulas químicas. Para este método, foi utilizada a atividade experimental da modelagem molecular, plana, com material não convencional para a prática, ou seja, o alternativo.

No ensino de Química, especificamente ao se utilizar o método prático-teórico, o modo de agir e o de pensar são aspectos complementares que, respectivamente, representam segundo Chagas (1986), a *ação* do sujeito sobre a matéria através do enfoque macroscópico, a prática, e o seu ato de *reflexão* sobre os fatos observáveis sob o ponto de vista microscópico da matéria, a teoria, também designada como teoria molecular.

A ação e a reflexão, descrita pelo autor, têm o compartilhamento de Moraes (1988), que ressalta que esses dois aspectos são características complementares no estudo da matéria, pois descrevem um constante movimento cíclico entre si, de forma que à medida que o sujeito consegue se apropriar de um dado conceito, há uma tendência natural de aprofundar-se paulatinamente na teorização desse conceito, ou seja, uma vez adquirido o conhecimento a nível macroscópico por ato reflexivo do microscópico, o sujeito volta-se para o macroscópico, e a partir daí busca atingir níveis de significação e abstração mais elevados.

De acordo com Moraes (1988), “a ação constitui-se essencialmente no experimento químico, visto num sentido bem abrangente e a reflexão é em essência a exploração do experimento, inclusive a procura gradual da teorização mais profunda a partir deste”.

4.1 O ambiente e os sujeitos participantes da pesquisa

Este trabalho de pesquisa foi realizado nas dependências do Instituto de Ciências Exatas-ICE com 40 (quarenta) estudantes do curso de graduação em Geologia e nas dependências da Faculdade de Tecnologia-FT com 40 (quarenta) estudantes do curso de graduação em Engenharia, ambos da UFAM, durante a realização do componente curricular Química Geral I, para estudantes recém-egressos do ensino médio, que se encontravam regularmente matriculados nos referidos cursos de graduação, constituindo um espaço amostral de 80 (oitenta) estudantes.

Como a ementa da disciplina era a mesma para os dois cursos de graduação, as atividades desenvolvidas também foram similares, pois o estudo tinha

como ênfase verificar a eficácia e eficiência da utilização de estratégias alternativas, como a contextualização e a modelagem, diante das dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos discentes no processo de ensino-aprendizagem de conceitos químicos, principalmente, sob o enfoque simbólico-matemático do tema estequiometria.

4.2 - Aspectos do percurso metodológico da pesquisa.

Para apresentar o nosso percurso metodológico, retomamos aqui o nosso Problema Científico da pesquisa:

“Como explicar a significação conceitual de conteúdos abstratos de Química, no enfoque simbólico-matemático da estequiometria, utilizando estratégias contextualizadas e práticas de modelagem?”

A pesquisa foi norteada para os seguintes aspectos de investigação:

- As dificuldades dos estudantes constituem os principais orientadores da ação dos professores;
- Os discentes devem ser os agentes principais de sua aprendizagem;
- A manipulação e elaboração de modelos ajudam o estudante a compreender melhor os fenômenos a nível submicroscópico (CLEMENT, 2000);
- A aprendizagem acontece quando os estudantes estabelecem ativamente as conexões entre os conceitos e constroem os significados.

Ao se considerar esses aspectos, a pesquisa foi direcionada no sentido de cumprir os objetivos preconizados pelas orientações curriculares oficiais, quanto ao uso de estratégias que favorecessem a ressignificação dos conceitos tais como a contextualização, a modelagem submicroscópica de fenômenos observáveis.

A abordagem metodológica deu ênfase aos temas: estequiometria, contextualização, modelagem, sequência didática, dificuldades de aprendizagem e níveis de interpretação da matéria. As ações desenvolvidas foram:

- Instrumentos de coleta de dados e suas finalidades:

- a) Questionário com o objetivo de conhecer o perfil socioeconômico dos estudantes (QSE) e suas concepções a respeito do estudo e da influência Química no seu cotidiano e na sua formação acadêmica (ANEXO I);

- b) Questionário de verificação de conhecimentos-QVC (questões de sondagem) para verificar os conhecimentos prévios e as possíveis dificuldades de aprendizagem dos estudantes acerca dos conceitos fundamentais da Química (ANEXO II);
- c) Atividades de interpretação sobre a estrutura da matéria e suas transformações (simbólico-matemático e modelagem), através de leitura, interpretação e discussão de textos contextualizados;
- d) Questionário final da pesquisa-QFP, com a finalidade de perceber a apreensão ou não dos conceitos químicos e o parecer dos discentes quanto ao uso da estratégia da modelagem no processo de ensino-aprendizagem do tema estequiometria (ANEXO III);
- e) Avaliação de conhecimentos (desafio estequiométrico, rendimento acadêmico).

Na identificação das dificuldades de aprendizagem nossos instrumentos de coleta foram elaborados à luz do referencial teórico. Ao fazer a revisão de literatura alguns pontos foram abordados no instrumento, tais como: a conservação da massa e a transição entre os seus níveis de interpretação (TORRE e JIMÉNEZ, 1992; LANDAU e LASTRES, 1996; HINTON e NAKHLEH, 1999) e a quantidade de matéria e sua unidade, o mol (ROCHA-FILHO, 1988; GARCIA et al, 1990; FURIÓ et al, 1993; ROGADO, 2005).

A análise dos dados foi realizada tendo como referencial teórico a análise textual discursiva (MORAES e GALIAZZI, 2006).

Nosso objeto de estudo foi constatar o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem de conceitos químicos, através da utilização de estratégias alternativas de ensino sob um olhar simbólico-matemático da estrutura da matéria ante as dificuldades de aprendizagem do conteúdo estequiometria.

As atividades realizadas como sequência de ensino (APÊNDICES 5, 6, 7, 8 e 9) foram planejadas para permitir a abordagem de conceitos implícitos no estudo da estequiometria e da modelagem, com o objetivo de se estabelecer a relação do aspecto simbólico-matemático com a interpretação das reações químicas (MIGLIATO-FILHO, 2005; JUSTI, 2006, DAVIDOWITZ et al., 2010).

Ao estruturar a sequência de ensino foram propostos objetivos para cada uma das atividades desenvolvidas conforme o quadro a seguir:

Quadro 1 - Atividades planejadas para cumprir cada objetivo específico da investigação.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ATIVIDADES PLANEJADAS
<p>Conhecer as dificuldades dos estudantes sobre o tema estequiometria e seus conhecimentos sobre os conteúdos necessários à sua aprendizagem;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisão de literatura sobre as dificuldades de aprendizagem; ✓ Elaboração, com base na literatura, de instrumento para identificar as dificuldades de aprendizagem; ✓ Aplicação do instrumento a um grupo de graduandos da UFAM (aproximação do objeto de estudo); ✓ Análise dos resultados, com possível alteração do instrumento; ✓ Aplicação do instrumento reformulado a graduandos da UFAM e comparação dos resultados.
<p>Desenvolver estratégias alternativas de ensino para o tema estequiometria, levando em consideração a produção existente na área;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisão de literatura sobre estratégias de ensino existentes e os recursos didáticos; ✓ Seleção dos materiais que possam ser aplicados dentro das abordagens escolhidas e que tenham produzido bons resultados ou pareçam relevantes para o estudo; ✓ Produção de um texto para contextualizar o conteúdo de estequiometria; ✓ Elaboração de atividades didáticas com o material; ✓ Elaboração de instrumento que permitam avaliar as ações realizadas; ✓ Aplicação da unidade didática com os acadêmicos da UFAM; ✓ Avaliação da unidade didática com os acadêmicos da UFAM; ✓ Análise dos resultados da aplicação inicial; ✓ Modificação da unidade didática e, se necessário, do instrumento de avaliação;
<p>Avaliar a contribuição da contextualização e modelagem enquanto estratégias metodológicas de superação das dificuldades de aprendizagem dos conceitos da estequiometria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicação e avaliação da unidade didática “final” a estudantes graduandos.

4.3 - Proposta metodológica de ensino.

Após a análise da literatura que abordava as dificuldades de aprendizagem da estequiometria, foram planejadas as estratégias a serem realizadas junto aos estudantes, embasadas em estratégias já utilizadas em outros trabalhos que tratam da aprendizagem sobre o conceito de quantidade de matéria, seguindo os seguintes procedimentos metodológicos:

- a) Aplicação e análise do instrumento para identificação das dificuldades de aprendizagem, através do QVC (ANEXO II);
- b) Leitura e discussão direcionada por questões de um texto que contextualizasse o estudo da estequiometria (APÊNDICES 3 e 4);
- c) Execução de uma atividade de resolução de exercícios e construção de representações (modelos) que explicassem o fenômeno proposto (APÊNDICES 5, 6, 7, 8 e 9).

Sob a orientação desse planejamento foi realizada uma etapa empírica como estudo exploratório para nossa aproximação do objeto de pesquisa, onde foram ministrados os conteúdos referentes às unidades de medidas das grandezas físicas do SI (de massa, volume, quantidade de matéria) e suas transformações; métodos de balanceamento (por tentativa e óxido-redução) das reações químicas. Realizamos em julho e agosto, com 80 (oitenta) acadêmicos dos cursos de graduação em Engenharia e, em Geologia¹³ da UFAM, contemplados com o componente curricular (CC) Química Geral I, atividades da sequência didática sobre o tópico “noções de estequiometria”.

Após analisarmos alguns dos resultados dessa aplicação e da apresentação do projeto de mestrado foi observada a necessidade de se promoverem determinadas modificações na proposta de ensino. Desse modo, foi elaborada uma nova unidade didática que incluíam quatro ações:

1. Aplicação e análise do instrumento para identificação das dificuldades de aprendizagem através do QVC (ANEXO II);
2. Introdução da grandeza quantidade de matéria¹⁴ (ANEXO II);
3. Leitura e discussão direcionada por questões de um texto que contextualize o estudo da estequiometria orientada pelo método Jigsaw¹⁵ (FATARELI, et al. 2010) (APÊNDICES 3 e 4);
4. Execução de uma atividade de resolução de exercícios e construção de representações (modelos) que explicassem o fenômeno proposto (APÊNDICES 5, 6, 7, 8 e 9).

¹³ Como era um conteúdo constante do componente curricular das carreiras de Ciências Exatas e Agrárias, destinado a graduandos da UFAM, poderíamos ter a participação de estudantes de quaisquer dos cursos dessa área de ensino.

¹⁴ A introdução desse item se deu devido à análise das repostas dos participantes no primeiro curso ao instrumento de identificação das dificuldades de aprendizagem apontar sérias dificuldades relacionadas a esse tema.

¹⁵ É um método de aprendizagem cooperativa entre grupos de estudantes.

Para avaliar a estratégia de ensino durante sua aplicação optou-se pelo uso de instrumentos de coletas de dados como o desenvolvimento de atividades, que conduzissem os estudantes na busca por soluções que os instigasse a manifestar seus conhecimentos conceituais sobre o tema, de acordo com o registro das anotações feitas pelo professor durante a aplicação e os materiais produzidos pelos estudantes no percurso. Tais formas de registro permitem observar gestos e falas dos participantes, de modo que se possa identificar e analisar elementos que evidenciem as impressões deles durante o desenvolvimento das tarefas.

No tratamento das respostas e falas dos participantes utilizou-se a análise textual discursiva (ATD) por ser uma abordagem que transita entre duas formas de análise na pesquisa qualitativa, a análise de conteúdo e a análise de discurso (MORAES, 2003). Como trabalharemos com os produtos escritos, orais e gestuais, este referencial se mostra interessante.

A preparação desta proposta de ensino se baseou não somente na revisão da literatura sobre o conceito de estequiometria e nas orientações curriculares como também em pressupostos teóricos sobre a elaboração de unidades didáticas (que será visto adiante) e uso de modelagem no ensino de ciências.

A proposta de ensino, por meio do projeto de pesquisa, foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa-CEP, da Universidade Federal do Amazonas-UFAM e foi aprovada conforme Parecer Consubstanciado (ANEXO V).

4.4 - A unidade didática ou sequência de atividades.

Ao se planejar uma unidade didática ou sequência de atividades, entende-se que através dele serão concretizadas as ideias dos professores e suas intenções educativas, bem como, o que irá ensinar e qual estratégia utilizará para esse fim (SANMARTÍ, 2000).

Neste trabalho, ao nos referirmos à unidade didática, sequência de atividades ou situações de ensino, estamos definindo-as como "a organização de um conjunto de atividades que foram ordenadas, estruturadas e articuladas para o alcance de certos objetivos educacionais, cujo princípio e fim são do conhecimento e ciência tanto dos docentes quanto dos discentes" (ZABALA, 1998, p. 18).

De acordo com Sanmartí (2000) o estabelecimento de etapas de elaboração e organização de uma unidade didática ou sequência de atividades, tais como: a definição dos objetivos, seleção/organização/seqüenciação dos conteúdos, à seleção e ordenação de atividades e seleção das atividades de avaliação, podem ser tornar úteis no momento do seu planejamento e execução no processo de ensino-aprendizagem de um conteúdo.

4.4.1 – Objetivos da aplicação da seqüência didática.

Os objetivos gerais da seqüência de atividades foram estabelecidos a partir da necessidade de investigar se as estratégias da contextualização e modelagem seriam suficientes para minimizar as dificuldades de aprendizagem da estequiometria sob o foco simbólico-matemático da matéria e suas transformações, levando em conta as finalidades da educação científica, quanto ao que é importante ensinar, quanto a como os educandos aprendem e, quanto e como é melhor ensinar. Já os objetivos específicos foram tomando forma à medida que se decidiu enfatizar os principais conteúdos ensinados e a atividades mais relevantes a serem realizadas. Essas finalidades devem ser orientadas para a superação das concepções alternativas e das dificuldades de aprendizagem (SANMARTÍ, 2000).

De acordo com Sánchez e Valcárcel (1993, *apud* Santos e Silva, 2014) para definir e hierarquizar os objetivos de uma seqüência de atividades didáticas é necessário que o professor:

- Selecione os conteúdos que serão abordados na unidade didática
- Delimite procedimentos científicos (processos e técnicas)
- Delimite atitudes científicas (valores, normas e atitudes)
- Averigue as ideias prévias dos alunos
- Considere as exigências cognitivas do conteúdo
- Delimite as implicações para o ensino

Esses objetivos se traduzem como a intenção do professor, o que ele deseja alcançar durante o processo de ensino-aprendizagem.

4.4.2 – Seleção do conteúdo estequiometria.

Pozo e Crespo (2009) destacam a divisão dos conteúdos que permeiam o ensino que se dividem em três tipos: conceitual, procedimental e atitudinal. Os conteúdos conceituais se referem às teorias, modelos, princípios, conceitos, etc. que são usados pela ciência para interpretar a natureza. Os procedimentais envolvem o que os estudantes precisam aprender a fazer durante o estudo de uma ciência, abrangem desde “simples técnicas e destrezas até as estratégias de aprendizagem e raciocínio” (POZO e CRESPO, 2009, p. 49). Os conteúdos atitudinais são as atitudes, normas e valores que se deseja que o discente desenvolva.

A seleção do conteúdo estequiometria não foi aleatória, mas sim, pelo fato de abranger conceitos necessários ao entendimento dos demais conteúdos da Química, os quais seriam utilizados em todo o percurso do componente curricular de Química Geral I e, exigiriam do recém-egresso do ensino médio competências e habilidades na execução de resolução de problemas, bem como, uma postura decisiva ante as dificuldades de aprendizagem que pudessem ocorrer durante seu aprendizado.

De acordo com Sanmartí (2000), ao se escolher os conteúdos, estes devem estar vinculados a conceitos que estruturam a ciência que integra o objeto de estudo. Um exemplo desses conceitos estruturantes é o conceito de fenômeno físico e fenômeno químico e o conceito de conservação da matéria, uma vez que no estudo das transformações da matéria tem-se a conservação de energia e massa.

Relembrando que os educandos não chegam vazios no espaço escolar, ou seja, não chegam desprovidos de nenhum conhecimento, os novos conteúdos a serem apresentados precisam garantir-lhes uma compreensão que favoreça uma aprendizagem relevante acerca da evolução dos conhecimentos prévios que trazem consigo. Para tanto, os conteúdos precisam ser organizados, de forma que ao serem apresentados sigam um grau cronológico de dificuldade, bem como, tenham como orientação didática de seu percurso o sentido do macroscópico para o microscópico, ou seja, do geral para o particular, fazendo com que as novas concepções estejam mais conexas com as intuições dos estudantes.

4.4.3 – Atividades da sequência didática.

As atividades desenvolvidas tiveram como finalidade concretizar os objetivos delineados no modelo de ensino-aprendizagem adotado na pesquisa. Contudo, Sanmartí (2000) e outros autores como Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) apresentam alguns tipos de atividades presentes em uma unidade didática ou sequência de atividades de acordo com a sua finalidade:

a) Atividades de iniciação, exploração, explicação, planejamento de problemas ou hipóteses iniciais, etc. – têm como objetivo familiarizar o estudante com o assunto que se vai estudar e a expressão das ideias dele, para que o professor possa identificar o ponto de partida. As atividades devem ser motivadoras, proporcionando questionamentos ou problemas e a comunicação dos distintos pontos de vista. Neste estudo, as atividades realizadas foram as que precederam as estratégias da contextualização e modelagem e, tiveram como função verificar as dificuldades de aprendizagem de conceitos que seriam fundamentais para a continuidade do tema (APÊNDICES 1 e 2).

b) Atividades para promover a evolução dos modelos iniciais, de introdução de novas variáveis, de identificação de outras formas de observar e de explicar, de reformulação de problemas, etc. – objetivam favorecer que o estudante possa identificar novos pontos de vista, formas de resolver os problemas ou as tarefas, atributos que permitam à ele definir os conceitos, relações entre conhecimentos anteriores e novos, etc. Nesse contexto, a resolução de problemas constantes de uma sequência didática, foi incrementada com o enfoque da contextualização e com a utilização da modelagem para representar os aspectos simbólico-matemático das equações químicas das reações nas atividade propostas (APÊNDICES 3 e 4).

c) Atividades de síntese orientadas à elaboração de conclusões e à estruturação do conhecimento - criam possibilidades para que os estudantes explicitem o que estão aprendendo, quais são as mudanças em seus pontos de vista ou em suas conclusões. Neste item foi utilizada uma atividade denominada de “Desafio Estequiométrico”, para cumprir com a finalidade aqui elencada, que trazia duas questões de cálculos estequiométricos (APÊNDICE 9).

d) Atividades de aplicação, transferência a outros contextos e/ou de generalização – são atividades orientadas à transferência às novas formas de ver e de explicar as situações inéditas, em geral, mais complexas que as iniciais. Neste

caso, a mesma atividade realizada no item “c”, cumpriu a finalidade de trazer um novo contexto com situações próximas da realidade dos discentes, porém com um grau de complexidade mais elevado (APÊNDICE 9).

Autores como Zabala (2002) e Silva e Nuñez (2007) defendem que para promover a aprendizagem é importante que elas “ajudem a construir ou reforçar modelos explicativos complexos, de maneira que a incorporação de novos conteúdos às próprias estruturas cognoscitivas oportunize aprendizagens as mais significativas possíveis”.

4.4.4 – Avaliação do instrumento de coleta sequência didática.

A concepção de avaliação, neste trabalho, é entendida como o processo de coleta de informação acerca do processo educativo, com o fim de promover uma conscientização de professores e discentes sobre a necessidade de melhorar esse processo de ensino e de aprendizagem. Dessa forma a avaliação precisa ser estruturada por instrumentos e ações que permitam uma coleta de informações que emergem dos estudantes e, que devem ser analisadas com base nos objetivos, para que se procedam as modificações necessárias no ensino. As avaliações devem incorrer sob todos os aspectos do processo de aprendizagem e em todas as suas etapas (SANMARTÍ, 2000).

Segundo Zabala (1998) a avaliação deve ser desenvolvida sobre todas as formas de conteúdos que estejam sendo abordadas, sejam eles, conceituais, procedimentais ou atitudinais.

A avaliação dos conteúdos conceituais requer a apresentação de situações diversas que possibilite uma observação sistemática da aplicação dos conceitos nos fenômenos estudados e, na impossibilidade de sua observação, torna-se viável a utilização de provas escritas que impliquem na resolução de conflitos ou problemas através do emprego dos conceitos que se deseja analisar.

Para a avaliação dos conteúdos procedimentais é necessário que se originem situações em que se utilizem estes conteúdos, de modo que se possa observar a atitude de cada discente em ação nas atividades que envolvam trabalhos em grupo, debates, exposições, pesquisas bibliográficas, etc.

Na avaliação dos conteúdos atitudinais, a observação dos comportamentos dos discentes dentro e fora da sala de aula, na realização de

tarefas (individual ou coletivamente), na distribuição de tarefas, responsabilidades e outras formas de manifestação, se constitui num importante parâmetro avaliativo de atitudes, uma vez que a subjetividade e complexidade são características marcantes desse tipo de avaliação.

4.5 - A utilização da estratégia de contextualização.

No ambiente escolar, nos tempos contemporâneos, tem sido muito difícil para os docentes fazer com que os estudantes se interessem em estudar com mais motivação, compromisso e comprometimento com objetivos elencados pelos documentos curriculares oficiais da educação básica (DCNEM, PCN e PCN+). A busca por estratégias metodológicas que modifiquem esse cenário caótico da educação se constitui num dos principais focos de estudos desenvolvidos por pesquisadores e professores dos diversos níveis de ensino, mas apesar do que é descrito pelos documentos oficiais, ainda não existe um consenso sobre o que significa promover um ensino contextualizado de Química, diante dessa falta de um entendimento único, muitos trabalhos discussões precisam ser realizados a fim de trazer mais esclarecimentos sobre a sua significância para o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos curriculares.

Na metodologia deste trabalho, a contextualização teve como função trazer situações cotidianas, com a finalidade de potencializar a motivação e despertar os interesses dos educandos, como forma promover uma participação mais ativa destes na apresentação dos conteúdos, e a partir daí prevenir ou minimizar possíveis dificuldades de aprendizagem, que podem se originar da apresentação de novos conceitos, ou que já acompanhem os discentes ao longo de sua trajetória escolar.

Para tanto, foram desenvolvidas atividades que trouxessem um contexto ao qual o sujeito pertencesse, sendo respeitados seus conhecimentos prévios e, este, a partir da resolução de problemas de situações cotidianas, pudesse ressignificar seus conceitos acerca de determinado fenômeno da realidade, aproximando-os do conhecimento científico (APÊNDICE 4).

Cabe ressaltar que, além de promover a motivação e despertar o interesse, a contextualização, seja como estratégia ou como princípio norteador,

teve ainda como função favorecer a sócio-interação entre os discentes, pois a apresentação de situações do dia a dia favorece uma discussão quanto às decisões a serem tomadas na solução de problemas. Cada sujeito traz consigo conhecimentos prévios que, nem sempre, se constituem em uma unidade, quando relacionados às percepções que cada indivíduo tem da realidade ao seu redor.

4.6 - O material da atividade de modelagem.

Conforme descrito em tópicos anteriores, nesta pesquisa, o material escolhido não foi o padrão, comumente usado para esta prática, mas os que identificamos como de baixo custo, ou simplesmente, alternativos. Inúmeros pesquisadores de todo o mundo, vêm direcionando suas pesquisas para o desenvolvimento de materiais didáticos para o ensino da Química, pois estes evidenciam que a aplicação destes pode contribuir potencialmente com o processo de ensino-aprendizagem, especialmente em conteúdos conceituais acerca da matéria e suas transformações.

Em trabalho de LIMA e DE LIMA-NETO (1999, apud Migliato-Filho, 2005) há a descrição da construção de um kit de modelos moleculares para a ilustração de estruturas moleculares em aulas de Química, utilizando materiais não convencionais como: canudos, bolinhas de isopor, bexigas, arames e alfinetes, onde esferas de plástico representam os átomos e varetas, as ligações químicas. Segundo Migliato-Filho (2005), kits com materiais alternativos podem apresentar desvantagens, como a fragilidade dos modelos e o grande volume que podem ocupar, especialmente, em modelos construídos com bexigas.

Nesta pesquisa, a utilização de materiais alternativos foi embasada em experiências anteriores do pesquisador, por ocasião de seu desempenho como professor de Ciências e Química, em escolas da rede pública de ensino, onde a escassez de recursos didáticos é recorrente, aliada à falta de um laboratório de Ciências/Química, para a realização de práticas experimentais.

O material utilizado foram tampas coloridas de garrafas PET (APÊNDICE 10), para a representação dos átomos e, para as ligações químicas, entre os átomos, foram disponibilizadas lâminas de emborrachados (E.V.A.) (APÊNDICE 10) nas cores preta e branca, para promover o contraste para com o apoio onde seriam construídos os modelos.

A estratégia em utilizar, no estudo, os materiais alternativos, se sustenta em Lima e De Lima-Neto (1999), que afirmam que a construção do conjunto do material didático, pelo próprio profissional do ensino de Química, favorece sua aplicação da melhor maneira possível ou julgar necessária, visando, essencialmente, a melhoria do processo de ensino-aprendizagem dos conhecimentos químicos. Os autores destacam vantagens do uso de materiais dessa natureza, frente aos comerciais, tais como: a) número suficiente de peças; b) representação de átomos particulares; c) versatilidade e d) baixo custo ou custo zero.

Cabe ressaltar que dependendo da natureza do material a ser utilizado e, sua captação, junto à comunidade escolar, por exemplo, pode contribuir com a promoção de uma coleta seletiva, como foi o caso aqui das tampas de garrafas PET e, acabou corroborando com a abordagem do tema Educação Ambiental, culminando em uma metodologia multidisciplinar.

4.7 - Análise textual discursiva.

A análise textual discursiva (ATD) constitui um método de análise envolvendo elementos de dois métodos utilizados na pesquisa qualitativa, que são a análise de conteúdo e a análise de discurso. De acordo com Moraes, a análise textual discursiva:

pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: a unitarização – desconstrução dos textos do corpus; a categorização – estabelecimento de relações entre os elementos unitários; e por último o captar de um novo emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada (MORAES, 2003, p. 192).

De acordo com Moraes (2003), o *corpus* é o conjunto de textos que representam as informações da pesquisa, que são essenciais para a obtenção de resultados válidos e confiáveis. Na investigação atual, ao lidar com a análise dos questionários, o *corpus* será retratado pelas respostas apresentadas.

Assim, essa análise consiste em três etapas, sendo que a primeira é a unitarização, que é o processo de separar os textos em unidades de sentido. O objetivo desse processo é “perceber os sentidos do texto”, constituindo um trabalho interpretativo para o investigador. Para tanto, se realiza a fragmentação das

respostas em unidades de significado que tenham relação com os objetivos da pesquisa. Nesse processo, as respostas dos participantes eram divididas em pequenas unidades, contendo as partes de cada resposta que apresentavam informações relevantes para o alcance dos objetivos associados a cada questão.

Esse processo pode levar à descontextualização das ideias apresentadas, sendo necessária a reescrita dessas unidades de sentido, de forma a se estabelecer com clareza os significados atribuídos pelo participante. Isto é, cada unidade de sentido assume um significado. Finaliza-se a unitarização atribuindo títulos para cada unidade produzida, com o objetivo de “facilitar o passo seguinte da análise” (MORAES, 2003). Este passo é a categorização. O que envolve “a articulação de significados semelhantes” (MORAES e GALIAZZI, 2006).

As categorias são os agrupamentos desses elementos similares. Com relação à forma de produção, essas categorias podem ser divididas em (MORAES, 2003):

- Categorias *a priori*: existentes antes do contato com o *corpus*. São definidas com base nas teorias que sustentam a pesquisa. Nesta pesquisa é definida como “conceito químico aceito” (TABELA 5).
- Categorias emergentes: como o próprio nome já diz, essas categorias emergem dos dados que estão sendo analisados, a partir das semelhanças entre as unidades de análise. Embora, também, apresentem estreita relação com o “conhecimento tácito” do investigador sobre a teoria que envolve sua pesquisa (TABELA 5).
- Categorias mistas: segundo Moraes (2003, p. 197), estas partem de categorias definidas *a priori* “com base em teorias escolhidas previamente, o pesquisador encaminha transformações gradativas no conjunto inicial de categorias, a partir do exame das informações do *corpus* de análise” (TABELA 5).

Na análise realizada já dispúnhamos de duas categorias *a priori*, provenientes da teoria: a ideia/dificuldade encontrada na bibliografia e a considerada adequada como conhecimento científico. Entretanto, durante o processo de envolvimento ao *corpus* outras categorias emergiram das unidades de sentido, transformando a categorização dessa pesquisa em categorização mista.

Como última etapa, temos que o objetivo final da análise textual é a produção de “*metatextos analíticos que expressem os sentidos lidos de um conjunto de textos*”. Isso envolve a explicitação das relações entre as categorias. É um processo interpretativo e ao mesmo tempo descritivo. É quando se pretende que o pesquisador compreenda o que está investigando. Nesse momento, definimos com base nos elementos obtidos das análises, que dificuldades/ideias guiaram às respostas fornecidas pelos sujeitos da pesquisa¹⁶.

¹⁶ A ideia geral das dificuldades encontradas pode ser observada no item 1.1.2 (p.87).

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Neste capítulo apresentaremos os resultados obtidos com relação aos objetivos de nossa pesquisa que retomamos abaixo:

1. Identificar as dificuldades de aprendizagem dos estudantes no tema e seus conhecimentos sobre os conteúdos necessários a essa aprendizagem;
2. Aplicar uma unidade de ensino para o tema estequiometria, levando em consideração a produção existente na área;
3. Avaliar a validade de uma sequência de atividades no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos;
4. Avaliar a contribuição da contextualização e modelagem enquanto estratégias metodológicas de superação das dificuldades de aprendizagem dos conceitos da estequiometria.

Como resultado final deste trabalho, trouxemos uma discussão acerca da eficiência e eficácia da aplicação das estratégias alternativas como a contextualização e a modelagem na abordagem do conteúdo estequiometria, com a participação ativa dos discentes em seu processo de aprendizagem.

5.1 - Perfil dos Estudantes.

Os resultados obtidos quanto aos perfis dos estudantes, foram importantes para a pesquisa, pois trouxeram informações quanto aos seus aspectos de motivação e interesse em relação a disciplina e com relação às expectativas do pesquisador quanto à participação dos discentes durante a apresentação dos conteúdos no período letivo.

Com relação ao questionamento sobre gostar de estudar, 87% dos educandos da ENG e 93% dos estudantes de GEO, sinalizaram positivamente para essa pergunta. No que concerne à Química no dia a dia, 100% dos discentes de ambos os cursos responderam que ela é importante.

A pergunta sobre a importância da Química para o seu curso de graduação, os dados obtidos são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1: Frequência relativa de respostas sobre a Química para o curso

Tipo de Resposta	Interessante		Importante para sua Vida		Gosta da Disciplina		Dificuldades em Química		Aprender mais sobre Química	
	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO
Frequência Relativa (%)	53,3	62,0	40,0	38,0	33,3	48,0	6,7	13,3	13,3	26,7

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 1 é possível perceber uma quantidade maior de respostas do que o número de participantes, devido à possibilidade que cada um tinha em assinalar mais de uma das opções. Os dados nos deram conta de que os discentes se encontravam com boas perspectivas quanto ao estudo da Química.

A Tabela 2 traz as informações quanto às principais atividades que os educandos realizam durante a semana.

Tabela 2: Frequência relativa de respostas sobre as atividades realizadas semanalmente

Tipo de Atividade	Estudar		Assistir TV		Ouvir Rádio		Internet		Ler	
	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO
Frequência Relativa (%)	86,7	83,7	46,7	53,3	13,3	6,7	86,7	92,8	53,3	67,2

Fonte: Dados da pesquisa

Analisando os dados registrados na tabela, pode-se evidenciar que a maioria dos estudantes de ambos os cursos, destinam grande parte do tempo para estudar e ao acesso à internet, posteriormente, nota-se que ler tem uma adesão considerável por boa parte deles, bem como, assistir TV também recebe uma média atenção e, por último, ouvir rádio teve um percentual muito baixo, talvez por causa de terem acesso às playlists musicais diretamente dos recursos tecnológicos com os quais acessam a internet.

Ainda quanto aos dados relativos a estudar e internet, espera-se que os percentuais tão correlatos, pudessem evidenciar o uso do recurso virtual para a realização de pesquisas referentes às atividades escolares, porém nenhuma manifestação quanto a isso foi registrada no questionário.

Quanto às atividades realizadas durante os finais de semana, os dados constam da Tabela 3.

Tabela 3: Frequência relativa de respostas sobre as atividades realizadas nos finais de semana

Tipo de Atividade	Ir ao Cinema		Festas		Barzinhos		Internet		Ficar em Casa	
	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO
Frequência Relativa (%)	13,3	26,7	6,7	13,3	6,7	6,7	86,7	92,8	93,3	89,8

Fonte: Dados da pesquisa

Nos dados apresentados na tabela anterior, grande parte dos educandos prefere ficar em casa durante os finais de semana. Os valores apresentados nos itens “Internet” e “Ficar em Casa” são bastante próximos, daí poder-se-ia afirmar que o acesso à Internet ocorreria de sua casa, mas essa hipótese não pode ser sustentada por esses dados, uma vez que, atualmente dispõe-se de ambientes específicos para este fim.

Com relação ao que pretendem fazer por ocasião da conclusão dos seus respectivos cursos de graduação, obteve-se ainda os dados relativos às pretensões, conforme valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Frequência relativa de respostas sobre a pretensão ao concluir a graduação

Tipo de Resposta	Pós-Graduação		Trabalhar		Outra Faculdade		Participar Projetos Sociais	
	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO
Frequência Relativa (%)	60,0	80,0	80,0	50,0	0,0	6,7	6,7	0,0

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados na Tabela 4 apontam que a maioria dos graduandos de Geologia prefere frequentar um curso de pós-graduação, enquanto metade dos que frequentam o mesmo curso dão preferência a trabalhar; já os graduandos de Engenharia preferem trabalhar após a conclusão do curso, contra pouco mais da metade que fará opção por uma pós-graduação. Fica explícito que muitos educandos que pretendem cursar uma pós-graduação, o farão, concomitantemente, com uma atividade laboral. Não fica claro, nas respostas, a que tipo de pós-graduação os discentes irão concorrer, se lato sensu ou stricto sensu.

Cabe destacar a opção por uma graduação, que pode ser uma evidência que o estudante, talvez, não esteja cursando a faculdade de sua predileção, e a formação atual servirá como um facilitador ao acesso no mercado de trabalho.

Ressalte-se ainda a opção de um estudante em realizar trabalhos em projetos sociais.

Por fim, no item 8, onde se pede que o graduando fale o que quiser sobre a Química, emergiram alguns escritos interessantes, cujos trechos mereceram ser registrados no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 – Trechos das falas escritas pelos graduandos sobre a Química.

Participante	Trecho da fala escrita
Graduando 1-ENG	<i>Não gostava muito no ensino médio, mas ultimamente tenho desejo de aprender o máximo possível.</i>
Graduando 2-ENG	<i>Apesar de ter bastante dificuldade na matéria, acho essencial a compreensão da matéria para uma melhor formação.</i>
Graduando 3-ENG	<i>Uma área muito importante e que possui ramos que se estendem e entrelaçam com diferentes áreas das ciências.</i>
Graduando 4-ENG	<i>Gostava no livro nos autores Tito e Canto durante o ensino médio, no modo como traziam para a prática os conteúdos.</i>
Graduando 5-GEO	<i>Química é uma matéria presente no curso que estou cursando (Geologia), uma matéria que requer atenção e estudo. Além de ser bem interessante.</i>
Graduando 6-GEO	<i>É uma disciplina que sempre gostei e espero aprender um aprofundamento da disciplina para o meu curso.</i>
Graduando 7-GEO	<i>Acho uma matéria fundamental é importante e, é ainda mais importante quando é direcionada para o curso de Química porém nos outros cursos ela não é tão explorada quanto devia.</i>
Graduando 8-GEO	<i>Na minha concepção, a química é uma área do extremamente nobre, com muitas aplicações em todos os ramos da ciência e por esse motivo, tenho fascínio e admiração pela área.</i>
Graduando 9-GEO	<i>Química é essencial para entender a origem da vida.</i>
Graduando 10-GEO	<i>É uma ciência necessária para o entendimento da vida e as curiosidades que nela há.</i>
Graduando 11-GEO	<i>Gosto da disciplina, porém não estudo Química a muitos anos e, não me recordo de quase nada, estudei outro cursos nesse período.</i>

Os trechos ressaltam a importância da Química, não só para a vida, com também a sua relevância para a formação profissional durante o período acadêmico, apesar de alguns afirmarem ter alguma dificuldade quanto à disciplina.

5.2 - Identificação das dificuldades dos estudantes e seus conhecimentos sobre os conteúdos necessários à sua aprendizagem.

Para este objetivo foi elaborado um instrumento (questionário) tendo como base algumas publicações existentes sobre o tema (BALLÉN, 2009; GARCIA et al. 1990; LANDAU, LASTRES, 1996; TORRE, JIMÉNEZ, 1992; FURIÓ et al., 1999; CHANDRASEGARAN et al, 2009). O questionário (APÊNDICE 2) possuía 05 (cinco) questões abertas e 04 (quatro) fechadas.

As perguntas foram selecionadas, de modo a possibilitar a abordagem de algumas habilidades cognitivo-linguísticas, que têm seu desenvolvimento durante o estudo da estequiometria, a saber:

- a) Compreender as leis ponderais (de conservação das massas e das proporções constantes (ou múltiplas));
- b) Aplicar as leis de conservação das massas e das proporções constantes (ou múltiplas);
- c) Representar uma reação química utilizando a linguagem química;
- d) Realizar o balanceamento das reações (método da tentativa e redox) e entender o significado dos coeficientes estequiométricos;
- e) Compreender o conceito de quantidade de matéria e sua unidade, o mol
- f) Aplicar o conceito de quantidade de matéria e sua unidade (o mol) em resoluções de problemas;
- g) Compreender os conceitos de reagente limitante e em excesso;
- h) Entender o conceito de rendimento, e como este desempenha um papel fundamental na cadeia produtiva dos materiais.

As habilidades cognitivo-linguísticas, anteriormente referidas, constituem-se em objetivos a serem alcançados por ocasião da aprendizagem da estequiometria e, que podem não serem desenvolvidas quando os estudantes apresentam dificuldades de aprendizagem relativas a esse conhecimento químico. Para tanto, o instrumento de pesquisa teve como finalidade permitir o diagnóstico de quais são as ideias e dificuldades apresentadas pelos estudantes, que podem se constituir em possíveis obstáculos ao desenvolvimento de suas habilidades.

Os instrumentos de pesquisa (questionário socioeconômico e de conhecimentos) foram aplicados nos estudantes dos dois cursos de graduação, com o objetivo de estabelecer o primeiro contato entre os sujeitos da pesquisa e o pesquisador, com o fim de facilitar uma aproximação recíproca, verificar os conhecimentos prévios e identificar as possíveis dificuldades de aprendizagem dos conceitos químicos necessários ao estudo da estequiometria. Neste período, os participantes cumpriam a componente curricular Química Geral I, na qual se aborda o conteúdo de estequiometria, porém antes de sua apresentação na sala de aula.

As respostas dos participantes foram transcritas e analisadas de acordo com os princípios da análise textual discursiva (MORAES e GALIAZZI, 2006).

5.2.1 - A literatura e as dificuldades identificadas.

De acordo com os descritos na literatura, as dificuldades de aprendizagem podem estar relacionadas com as concepções alternativas que os estudantes têm de conceitos que requerem habilidades cognitivo-linguísticas para sua interpretação. Entende-se como concepções alternativas, aos desvios conceituais manifestados pelas ideias presentes nos indivíduos (CARRASCOSA, 2005).

Cabe destacar que o reconhecimento de um equívoco conceitual, não se dá apenas pela constatação da presença das concepções alternativas, mas sim por intermédio das características básicas de uma resposta acerca de um conceito científico, que esteja distante da concepção aceita pela comunidade científica e, que apesar de contraditória ocorre sistematicamente e acomete diferentes grupos de pessoas e regiões (SILVA e NÚÑEZ, 2007).

Ainda que fosse possível usar diversos instrumentos para se conhecer as concepções alternativas, neste estudo, como já foi explicitado, utilizou-se o questionário, pois de acordo com Carrascosa (2005, p.191), qualquer atividade problemática que exija a evocação das ideias dos estudantes, é um meio constatar a presença de concepções alternativas. Ainda segundo o autor, o questionário é extremamente útil em situações em que a existência de determinadas concepções alternativas é evidente (CARRASCOSA, 2005, p.190).

Diante do exposto, depreende-se que as concepções alternativas referem-se a ideias incoerentes acerca de determinado assunto ou tema, que levam os estudantes a cometer erros conceituais e, que as dificuldades de aprendizagem podem criar obstáculos à construção de o conhecimento, pela presença de concepções alternativas relacionadas à natureza do sistema de ideias, pela demanda de tarefas em termos de processamento da informação, por problemas de comunicação emergentes do uso da linguagem e/ou pela incompatibilidade entre a abordagem educativa e a forma de aprendizagem, conforme aponta Kempa (1991).

No instrumento utilizado neste trabalho, procuramos identificar limitações apresentadas pelos estudantes com relação aos conceitos necessários para o

estudo da estequiometria, que tornam dificultosa a aprendizagem deste conteúdo. As ideias e dificuldades dos estudantes na aprendizagem da estequiometria, de acordo com a literatura existente e, revisada neste estudo, associa essas dificuldades de aprendizagem a concepções alternativas específicas e a outros problemas como os apresentados por Kempa (1991). Nesta pesquisa, procurou-se observar em que medida essas dificuldades, bem como, em grau, não afastando a possibilidade de observar alguma outra dificuldade que ainda não tenha sido citada em bibliografias anteriores.

Na tabela 5, a seguir, constam os resultados evidenciados e as respectivas categorias, embasadas no que pressupomos como dificuldades de aprendizagem e, a mesma foi organizada a partir dos números das questões correspondentes aos do instrumento (questionário), seguidas dos seus objetivos e das expectativas delineadas pela literatura pertinente aos objetivos do estudo realizado e, nas últimas colunas, seguem-se as categorias que emergiram das respostas dos estudantes e seus respectivos percentuais.

Cabe destacar que neste trabalho foram considerados dois grupos de sujeitos da pesquisa, a saber: (ENG) referente aos estudantes de graduação em Engenharia e (GEO) referente aos estudantes de graduação em Geologia, ambos, do primeiro período de seus respectivos cursos, que cursavam o componente curricular de Química Geral I.

Apesar de serem dois grupos, os resultados e discussões serão apresentados distintamente, com vistas a favorecer uma visualização particular de cada um deles, tanto com respeito ao perfil socioeconômico quanto à verificação das dificuldades de aprendizagem e, conseqüentemente, as respostas às estratégias de contextualização e modelagem aplicadas na pesquisa.

Tabela 5: Categorias das respostas e respectivos percentuais sobre as dificuldades de aprendizagem em estequiometria.

Nº	OBJETIVO	EXPECTATIVA	RESPOSTA	ENG(%)	GEO(%)
1	Conhecer que concepções os sujeitos têm sobre a conservação de massa em uma reação química.	Afirmações de que ocorre a perda de matéria.	<i>Há a conservação da massa durante a combustão.</i>	52,50	45,00
			Ocorre o desaparecimento de matéria.	27,50	27,50
			Há a produção (surgimento) de matéria.	20,00	7,50
			Não responderam.	0,00	20,00
2	Identificar que significado os estudantes atribuem a uma equação química.	Representação da reação química sem considerar as relações estequiométricas e os estados físicos.	<i>Representação de uma reação química nas devidas proporções.</i>	10,00	7,50
			Representação de uma reação química nos devidos estados físicos.	7,50	17,50
			Representação de uma reação química.	75,00	60,00
			Não responderam.	7,50	15,00
3	Conhecer como os sujeitos percebem a conservação de massa em uma reação química.	Incoerência com a lei de conservação das massas.	<i>Para que a massa de sólido e/ou ar aumente é necessário que a massa de sólido e/ou ar diminua.</i>	52,50	52,50
			A diminuição e aumento das massas de ar e de sólido não têm relação alguma.	7,50	0,00
			Para que haja conservação de matéria, as massas do sólido e do ar não podem sofrer alterações.	15,00	17,50
			Sem resposta.	25,00	30,00
4	Identificar como os estudantes relacionam a equação química com a reação a nível submicroscópico.	Desconsideração da estequiometria da reação nos desenhos, levando a representações não estequiométricas do produto.	<i>Representação simbólica das moléculas considerando as proporções.</i>	5,00	12,50
			Representação simbólica desconsiderando as proporções.	12,50	12,50
			Representação simbólica inadequada para as partículas, considerando as proporções.	20,00	5,00
			Não houve resposta.	62,50	70,00
5	Reconhecer como os sujeitos compreendem o significado da unidade mol.	Associação do termo mol a uma quantidade em massa, ou volume ou ao número de partículas.	<i>Quantidade de material.</i>	32,50	37,50
			<i>Número de unidades químicas.</i>	12,50	7,50
			Massa.	15,00	12,50
			Mesma unidade de medida (o mol).	0,00	0,00
			Não estabelece relação.	15,00	7,50

			Sem resposta assinalada.	25,00	35,00
6	Reconhecer como os sujeitos compreendem o significado da quantidade de matéria e suas relações com a massa.	Identificação da quantidade de partículas com a massa.	O número de partículas depende da relação entre a massa atômica/molecular e o número de Avogadro.	12,50	32,50
			A quantidade de partículas é diretamente proporcional à massa.	32,50	50,00
			Concebe o mol como uma de grandeza física.	40,00	17,50
			Não apresenta resposta.	15,00	0,00
7	Reconhecer as relações atribuídas pelos estudantes entre a grandeza quantidade de matéria e o número de partículas.	Correspondência do conceito de quantidade de matéria com a ideia de massa mais abundantemente e menos com a ideia de volume ou número de partículas.	A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao número de partículas	25,00	12,50
			A quantidade de matéria é diretamente proporcional à massa	52,50	45,00
			A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao volume	7,50	12,50
			A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao tamanho das partículas	15,00	20,00
			Não responderam.	0,00	10,00
8	Reconhecer como os estudantes compreendem o significado de reagente limitante.	Associação do conceito de limitante ao reagente que apresenta menor massa.	O reagente limitante determina o momento em que uma reação cessa.	12,50	25,00
			O limitante é o de menor coeficiente na equação química.	45,00	32,50
			O reagente limitante é a substância consumida por último numa reação.	7,50	12,50
			O limitante não tem relação estequiométrica com o produto formado numa reação.	12,50	25,00
			Não responderam.	22,50	5,00
9	Identificar como os sujeitos compreendem o conceito de rendimento relacionado à eficiência de uma reação.	Afirmação de que o conceito de rendimento tem relações apenas com a massa final.	O rendimento serve para mensurar a capacidade de produção da reação.	25,00	32,50
			O rendimento é diretamente proporcional à massa do	45,00	30,00
			O rendimento é diretamente proporcional ao volume obtido.	5,00	12,50
			O rendimento está relacionado à quantidade de átomos.	12,50	5,00
			Não responderam.	12,50	20,00

Extraído de: SANTOS, 2013.

Nota:

ENG (%) = percentual de respostas dos graduandos em Engenharia.

GEO (%) = percentual de respostas dos graduandos em Geologia.

A resposta corretamente aceita, do ponto de vista do conhecimento científico, para cada categoria, foi grafada em preto, negrito e, em itálico.

A partir da tabela (5), onde foram registradas as categorias de respostas e respectivos percentuais acerca das dificuldades de aprendizagem em estequiometria, foram feitas as análises dessas categorias que se sustentam nos objetivos do estudo, bem como das expectativas de respostas que acabam por se constituir em uma categoria, *a priori*, desta pesquisa, sendo que, as respostas em destaque (cor azul), na tabela, representam outra categoria, *a priori*, por estarem em conformidade com o que é aceito pela comunidade científica em termos de conhecimento científico.

Algumas questões do instrumento de coleta têm objetivos similares e, diante disso, foi possível agrupar as perguntas de acordo com as suas finalidades, e as análises realizadas levaram em consideração as conexões estabelecidas entre os seus objetivos e as habilidades cognitivo-linguísticas, segundo os seguintes focos de abordagem:

- a) Compreensão da aplicação da lei de conservação das massas;
- b) Representação da reação química com o uso da linguagem química;
- c) Compreensão da aplicação do conceito de quantidade de matéria/mol;
- d) Compreensão do conceito de reagente limitante;
- e) Compreensão da aplicação do conceito de rendimento de uma reação.

Para tanto, a análise de cada um dos itens do foco de abordagem foi realizada, conforme ao que foi descrito anteriormente, ou seja, agrupando as perguntas com mesma finalidade, seguindo a sua numeração no instrumento de coleta (questionário de verificação de conhecimentos), que corroboraram para a identificação das dificuldades relativas ao processo de ensino-aprendizagem da estequiometria.

a) Lei de Conservação das Massas (Leis Ponderais) – Compreensão da aplicação.

Este item compreendeu duas questões (1 e 3), com três subitens de interesse, cada uma, das quais era esperado que os graduandos de ENG e GEO, identificassem a ação do conceito de conservação das massas em um fenômeno químico. A questão 1, abordava uma reação de combustão em um sistema fechado de acordo com estudo realizado por Torre e Sánchez-Jiménez (1992); a questão 3, um mais complexa, focava uma reação de oxidação em um sistema fechado, proveniente do trabalho de Landau e Lastres, 1996).

Promovendo aqui uma discussão distinta para cada um dos fenômenos, na questão 1, por exemplo, com relação ao que é sinalizado pela literatura, por ocasião da reação de combustão, que os discentes podem inferir que durante esse processo pode ocorrer a perda ou ganho de matéria (categoria *a priori* = expectativa), pois apenas conseguem dar sentido ao aspecto macroscópico do evento. Como conceito químico adequado/aceito, o esperado é que ocorra a conservação da matéria durante o fenômeno químico, com ênfase para o seu aspecto fenomenológico, ou seja, seu nível submicroscópico.

O quadro a seguir, traz o registro dos dados obtidos para os dois grupos de estudantes, referentes ao número de participantes e seus respectivos percentuais.

Quadro 3 – Respostas relacionadas à questão 1 – Reação de combustão do papel.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
Conservação da matéria durante a combustão*	21 (52,5%)	18 (45,0%)
Perda de matéria durante a reação	11 (27,5%)	11 (27,5%)
Ganho de matéria durante a reação	8 (20,0%)	3 (7,5%)
Não respondeu	0 (0%)	8 (20,0%)

*Conceito químico aceito
Fonte: Dados da pesquisa.

Esta questão, que é um item adaptado do estudo realizado por Torre e Sánchez-Jiménez (1992), teve como enfoque a análise de como os estudantes recém-egressos do ensino médio, que cursavam o primeiro período dos cursos de graduação citados, tinham conhecimento suficiente para enunciar e aplicar o conceito de conservação da matéria de forma adequada aos fenômenos propostos no decorrer do curso, na disciplina Química Geral I.

Neste estudo, observando os dados registrados no quadro 3, os percentuais mostraram que os estudantes do grupo da ENG, em sua maioria conseguiam enunciar e aplicar o conceito de conservação da matéria; no grupo de GEO, o percentual de participantes que sabiam enunciar e aplicar o conceito ficou um pouco abaixo da média, evidenciando que neste último os discentes apresentavam uma maior dificuldade sobre o conteúdo na estequiometria. As falas (escritas) abaixo, nos dão uma breve dimensão dos aspectos verificados:

Estudante 2 (ENG): *A conservação da matéria acontece quando, mesmo com as alterações, a quantidade de matéria é preservada.*

Estudante 8 (GEO): *A lei da conservação da matéria diz que nada se cria, nada se destrói, tudo se transforma.*

A questão 3, que retrata uma reação de oxidação entre um gás (oxigênio) e um sólido (ferro), num sistema fechado, e que apresenta um grau de dificuldade analítico maior que a questão 1, para os estudantes, também abordava as leis ponderais acerca da conservação das massas. De acordo com a literatura, *a priori*, os estudantes têm uma grande dificuldade em aplicar essa lei, pois, para isso, é preciso admitir a variação das massas das substâncias reagentes, a fim de explicar quimicamente a transformação da matéria. Da lei, depreende-se que não há aumento da massa de um reagente (do sólido ou do gás), sem que a massa do outro reagente (do gás ou do sólido) diminua. A seguir, o quadro apresenta as respostas dos grupos.

Quadro 4 – Respostas relacionadas à questão 3 – Reação de oxidação do ferro (Fe_2O_3).

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
Para que massa do sólido e/ou do ar aumente é necessário que a massa do sólido e/ou ar diminua*	21 (52,5%)	21 (52,5%)
A perda ou ganho de massa pelo ar ou pelo sólido não têm relação alguma.	3 (7,5%)	0 (0%)
Para que haja a conservação da matéria, as massas do sólido e do ar não podem ser alteradas de forma alguma.	6 (15,0%)	7 (17,5%)
Não respondeu.	10 (25,0%)	12 (30,0%)

*Conceito químico aceito
Fonte: Dados da pesquisa

A pergunta foi adaptada do trabalho desenvolvido por Landau e Lastres (1996), onde os autores afirmam que os estudantes podem apresentar alguns equívocos por ocasião da aplicação da lei de conservação das massas. Neste trabalho, os dados sinalizaram que os dois grupos de participantes expressaram coerentemente, com percentuais acima da média, a tentativa de explicar a reação de oxidação, cujo grau de complexidade é maior que a da reação de combustão.

Apesar da maioria se encontrar em percentuais superiores aos da média, cabe aqui uma preocupação quanto aos demais estudantes que compõem um espaço amostral próximo dos 50% (somados os que erraram e os que não responderam), pois estes já deveriam ter o conhecimento necessário para compreender situações mais complexas como a da oxidação do ferro, que é um fenômeno comum do cotidiano. É perceptível a necessidade de buscar estratégias que auxiliem no processo de ensino-aprendizagem, desse conceito que exige uma maior compreensão do aspecto submicroscópico da matéria.

b) Representação de uma reação química, a linguagem química.

Neste item estão incluídas as questões “2” e “4” do instrumento de identificação das dificuldades de aprendizagem, as quais tiveram como foco a abordagem da representação simbólica de uma reação química e as relações estequiométricas entre os reagentes participantes. A finalidade para cada uma dessas perguntas era similar, e possibilitou a verificação do significado, que os estudantes atribuem às representações dos fenômenos químicos, relacionado ao uso da linguagem simbólica em termos estequiométricos.

Para ambas, a categoria *a priori*, referia-se à expectativa de que os participantes fizessem a representação de uma reação química desconsiderando os estados físicos de cada uma das entidades químicas da equação, como também as proporções estequiométricas dos reagentes e produtos. Nos quadros a seguir, serão demonstrados e discutidos os resultados obtidos para as perguntas 2 e 4, respectivamente.

Quadro 5 – Respostas relacionadas à questão 2 – Representação de equação química.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
Representação de uma reação química com as devidas proporções estequiométricas*.	4 (10,0%)	3 (7,5%)
Representação de uma reação química com os devidos estados físicos.	3 (7,5%)	7 (17,5%)
Representação de uma reação química apenas.	30 (75,0%)	24 (60,0%)
Não responderam.	3 (7,5%)	6 (15,0%)

*Conceito químico aceito.
Fonte: Dados da pesquisa.

A questão 2, é um item adaptado do trabalho desenvolvido por Garcia et al. (1990), no qual os autores verificaram que o entendimento das informações simbólicas de uma equação química era ampliado à medida que se alcançava aos níveis mais elevados do ensino. Do seu trabalho os autores inferem que os estudantes são capazes de manifestar detalhes significativos nas representações, tais como os estados físicos e os significados dos coeficientes estequiométricos, “desprezando” o discurso de que “é uma reação química”, apenas (GARCIA *et al.*, 1990).

Nesta pesquisa, contrariamente ao que infere o estudo de Garcia et al. (1990), os percentuais obtidos, correspondentes à maioria dos estudantes dos dois grupos pesquisados (ENG e GEO), situaram-se na opção em que a linguagem simbólica é utilizada apenas para representar uma reação química, ou seja, não há

o “rompimento” para com a resposta “é uma reação química”, conforme sinalizaram os autores, caracterizando que essa forma de representação não foi bem assimilada no ensino médio.

Foi observado na pergunta 4, que o resultado encontrado para a anterior, que compõe este item “b”, refletiu também na pergunta sobre a representação da equação química por meio de desenhos. Os estudantes ao tentarem representar uma reação química através de símbolos, não levaram em conta as relações estequiométricas, sendo essa, então, a categoria *a priori* que é citada na literatura.

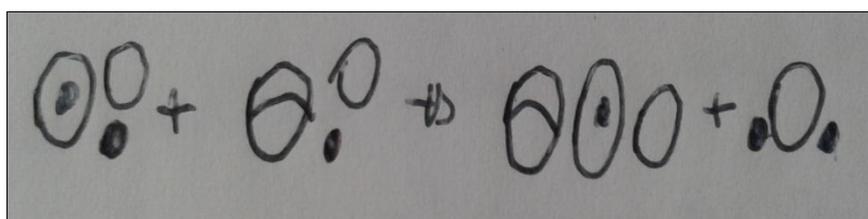
Os resultados encontrados para esta questão foram embasados no trabalho desenvolvido por Ballén (2009), no qual se encontra o relato da dificuldade de escrever as estruturas nas equações químicas de forma adequada. O quadro a seguir apresenta os resultados obtidos no nosso estudo:

Quadro 6 – Respostas relacionadas à questão 4 – Representação simbólica da reação química.

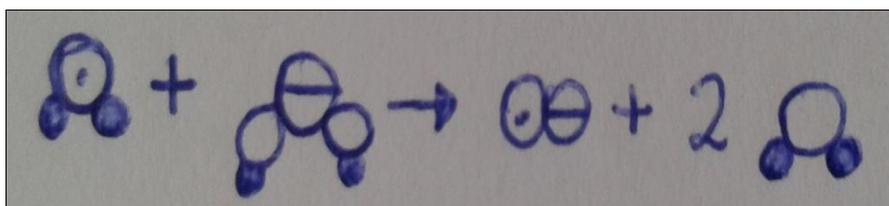
RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
Representação simbólica das moléculas considerando as proporções estequiométricas*.	2 (5,0%)	5 (12,5%)
Representação simbólica desconsiderando as proporções.	5 (12,5%)	5 (12,5%)
Representação simbólica inadequada para as entidades químicas, considerando as proporções.	8 (20,0%)	2 (5,0%)
Não houve resposta.	25 (62,5%)	28 (70,0%)

*Conceito químico aceito.
Fonte: Dados da pesquisa.

Tanto os participantes da ENG quanto os da GEO apresentaram os mesmos resultados do estudo de Ballén com um número menor de representações coerentes (ou quimicamente aceitas), com ligeira superioridade do segundo grupo de estudantes em relação ao primeiro. Desconsiderando os participantes que não responderam a questão, os percentuais relacionados às representações inadequadas e sem as proporções estequiométricas podem ser considerados elevados, em se tratando de estudantes que frequentam um curso universitário. Alguns exemplos de representações incoerentes são apresentados a seguir:



Fonte: Dados da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa

c) Compreensão da aplicação do conceito de quantidade de matéria.

Para este tópico foram aplicadas três perguntas (5, 6 e 7, respectivamente), cujos aspectos abordados consistiram em identificar se os participantes reconhecem o significado da unidade mol; compreendem o significado que é dado à quantidade de matéria e suas relações com a massa; reconhecem as relações entre a grandeza quantidade de matéria e o número de partículas (entidades químicas). A categoria *a priori* expressa na literatura para o significado da unidade mol sinaliza que os estudantes podem associar o termo a uma quantidade em massa ou de volume ou ao número de partículas (SANTOS e SILVA, 2014).

O quadro a seguir refere-se a uma questão que foi adaptada de Garcia et al. (1990), e apresenta as respostas de ambos os grupos participantes.

Quadro 7 – Respostas relacionadas à questão 5 – Reconhecer o significado da unidade mol.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
Quantidade de material*.	13 (32,5%)	15 (37,5%)
Número de unidades químicas*.	5 (12,5%)	3 (7,5%)
Corresponde à massa.	5 (15,0%)	5 (12,5%)
Mesma unidade de medida (o mol).	0 (0%)	0 (0%)
Não estabelece relação.	6 (15,0%)	3 (7,5%)
Nenhuma resposta assinalada.	10 (25,%)	14 (35,0%)

*Conceito químico aceito.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Garcia et al. (1990) os estudantes podem associar a unidade mol a um número de entidades químicas sem especificar qual é essa entidade. Nesta pesquisa considerando-se as respostas quimicamente aceitas, foi observado que os dois grupos de estudantes tiveram percentuais muito próximos, conforme o quadro 7, expressando que compreendem coerentemente o significado da unidade mol; aproximadamente um quarto dos discentes apresentou incoerência ou não estabeleceu nenhuma relação com qualquer entidade e, tão preocupante quanto o anterior, foi o quantitativo daqueles que nada responderam. Em suma, em cada um dos dois grupos, mais da metade do quantitativo de estudantes apresentaram dificuldades de aprendizagem desse conceito e sua relação com entidades químicas.

Para o quadro abaixo, a questão, que também foi adaptada do estudo realizado por Garcia et al. (1990), a literatura sinalizou que os discentes poderiam associar quantidade de partículas com a massa, sendo esta então a categoria *a priori*, a ser referendada. De acordo com Santos e Silva (2014) a explicação química para essa categorização, se embasou no fato de que o número de partículas depende da relação entre a massa atômica ou a massa molecular e o Número de Avogadro.

Quadro 8 – Respostas relacionadas à questão 6 – Significado da quantidade de matéria e sua relação com a massa.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
O número de partículas depende da relação entre a massa atômica/molecular e o Número de Avogadro*.	5 (12,5%)	13 (32,5%)
Quantidade de partículas diretamente proporcional à massa.	13 (32,5%)	20 (50,0%)
Atribui ao mol outra grandeza.	16 (40,0%)	7 (17,5%)
Não apresenta resposta.	6 (15,0%)	0 (0,0%)

*Conceito químico aceito.
Fonte: Dados da pesquisa.

Na revisão feita sobre o trabalho desenvolvido por Garcia et al. (1990), pode-se inferir que os autores concluíram que o maior grau de instrução dos estudantes pode ter influenciado, significativamente, no acerto das respostas, inclusive com percentuais próximos dos 100%, afirmando, inclusive, que o desenvolvimento da operacionalização das relações entre a massa molar e quantidade de matéria, corroboraram para com seus resultados e conclusões.

Analisando os resultados deste estudo, foi possível notar que os percentuais obtidos contrariam o discurso da literatura revisada, de modo que não se verificou essa evolução na compreensão do conceito quantidade de matéria, principalmente, ao se observar o grupo ENG. Embora o resultado do grupo GEO tenha sido ligeiramente mais expressivo que o do ENG, o quantitativo de estudantes que compreendem o conceito, ainda assim, foi insatisfatório.

Além disso, do grupo da ENG, mais da metade dos educandos assinalaram que a quantidade de partículas estava relacionada com a massa e atribuíram ao mol outra grandeza (32,5% e 40%, respectivamente); no grupo da GEO, os resultados nos mostraram a mesma realidade, mas com inversão das considerações em relação ao outro grupo (50,0% e 17,5%, respectivamente). Das justificativas apresentadas para a questão, destacaram-se as seguintes falas:

Estudante 17 (ENG): *Como cada uma das substâncias tem a mesma massa o volume delas pode ser considerado igual.*

Estudante 28 (GEO): *Como a massa é a mesma não terá diferença alguma.*

A questão a seguir, de acordo com estudo desenvolvido por Furió et al. (1993), trouxe dados que resultaram de sua investigação quanto a que grandeza os estudantes associavam à quantidade de matéria. Como neste tópico da pesquisa a intenção era identificar as dificuldades de aprendizagem dos conceitos químicos, tomamos para o trabalho o mesmo objetivo do autor, ou seja, evidenciar as relações dadas pelos discentes, entre a quantidade de matéria e a grandeza a ela associada.

Segundo os autores os educandos de níveis educacionais mais básicos, tendem a associar a grandeza quantidade de matéria à massa, enquanto que os discentes de níveis mais avançados tendem a associar essa grandeza ao volume (categoria *a priori*).

Quadro 9 – Respostas relacionadas à questão 7 – Relações atribuídas à grandeza quantidade de matéria.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao número de partículas*.	10 (25,0%)	5 (12,5%)
A quantidade de matéria é diretamente proporcional à massa.	21 (52,5%)	18 (45,0%)
A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao volume.	3 (7,5%)	5 (12,5%)
A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao tamanho das partículas.	6 (15,0%)	8 (20,0%)
Não responderam.	0 (0%)	4 (10,0%)

*Conceito químico aceito.
Fonte: Dados da pesquisa.

A análise do quadro, mostra que para a categoria de conceito químico aceito, os percentuais se mostraram insatisfatórios, com ligeira superioridade para a turma ENG em relação à GEO. A grande maioria dos estudantes das duas turmas associou a quantidade de matéria à massa, confirmando o resultado obtido por Furió et al. (1993), pois os estudantes sujeitos da pesquisa eram recém-egressos do ensino médio. Com relação à associação ao volume, o quantitativo de estudantes em cada uma das turmas não ultrapassou a 1/8 do universo de participantes.

d) Compreensão da aplicação do conceito de reagente limitante.

A questão referente ao quadro a seguir, foi formulada pelo pesquisador, com o objetivo de verificar como os estudantes compreendem o significado de reagente limitante e foi sustentada no estudo realizado por Wood e Breyfogle (2006, apud Negrón e Gil, 2010), no qual os autores, também, buscavam alternativas para facilitar o ensino-aprendizagem da estequiometria e, para isso, foi necessário identificar as dificuldades de aprendizagem desse conceito químico. Nesta pesquisa, a categoria *a priori*, trazia a expectativa de que os discentes associassem o conceito de limitante ao reagente que apresentasse menor massa.

Quadro 10 – Respostas relacionadas à questão 8 – Significado do conceito de reagente limitante.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
O reagente limitante determina o momento em que uma reação cessa*.	5 (12,5%)	10 (25,0%)
O limitante é o de menor coeficiente na equação química.	18 (45,0%)	13 (32,5%)
O reagente limitante é a substância consumida por último numa reação.	3 (7,5%)	5 (12,5%)
O limitante não tem relação estequiométrica com o produto formado numa reação.	5 (12,5%)	10 (25,0%)
Não responderam.	9 (22,5%)	2 (5,0%)

*Conceito químico aceito.
Fonte: Dados da pesquisa.

Dos resultados obtidos, o conceito químico aceito, em ambos os grupos (ENG e GEO), apesar do maior percentual da turma de GEO, não ultrapassou a um quarto dos participantes, sinalizando que os discentes apresentam uma grande dificuldade em compreender o significado do conceito; a maioria dos participantes assinalou que o limitante era o reagente que apresentava o menor coeficiente estequiométrico na equação química; as outras categorias, juntas, não chegaram à metade do número de participantes, porém é preciso destacar que um quarto do grupo da GEO, não estabelece relação entre o limitante e o produto formado, enquanto que quase um quarto da turma de ENG, não respondeu a resposta.

Os resultados sinalizam que as dificuldades de compreensão do conceito de reagente limitante, podem colaborar sobremaneira com as dificuldades de aprendizagem sob o olhar simbólico-matemático da estequiometria.

e) Compreensão da aplicação do conceito de rendimento de uma reação.

Nesta questão, identificar como os sujeitos compreendem o conceito de rendimento da reação relacionado ao grau de pureza e à eficiência da reação, foi o foco principal da investigação. O item utilizado na pesquisa foi adaptado do estudo de Migliato-Filho (2005), onde o autor procurou verificar os conhecimentos dos estudantes acerca do conceito de rendimento de reação, objetivo ao qual se ancorou esta pesquisa. A afirmação de que o conceito de rendimento tem relações apenas com a massa final, tornou-se a categoria *a priori*, deste trabalho.

Quadro 11 – Respostas relacionadas à questão 9 – Relações atribuídas ao conceito de rendimento com o grau de pureza das substâncias e a eficiência da reação.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
O rendimento tem relação direta com o grau de pureza*.	10 (25,0%)	13 (32,5%)
O rendimento tem relação somente com a massa do produto.	18 (45,0%)	12 (30,0%)
O rendimento tem relação somente com o volume obtido.	2 (5,0%)	5 (12,5%)
O rendimento está relacionado à quantidade de átomos.	5 (12,5%)	2 (5,0%)
Não responderam.	5 (12,5%)	8 (20,0%)

*Conceito químico aceito.
Fonte: Dados da pesquisa.

Na verificação dos resultados, os maiores percentuais das turmas (ENG e GEO – 45% e 30%, respectivamente), se concentraram na categoria *a priori*, a qual demonstra que os discentes desconsideram as massas dos reagentes na compreensão do conceito de rendimento e confundem as massas teóricas com as massas práticas nas reações. A outra categoria *a priori*, que é a do conceito químico aceito, apresenta percentuais irrelevantes para a categoria considerada importante para o entendimento do processo de rendimento de uma reação. Não houve como comparar os resultados deste item com os de Migliato-Filho (2005), tendo em vista que os resultados, auferidos pelo autor, ocorreram após a intervenção de uma atividade didática e, isto não ocorreu, momentaneamente, nesta pesquisa. De certo, teve-se que as dificuldades de operação lógica-matemática, no item, constituem-se em grandes obstáculos à execução do exercício e a uma aprendizagem significativa dos conceitos e conteúdos.

Como a identificação das dificuldades foi embasada no trabalho de Santos e Silva (2014), tornou-se possível fazer uma comparação dos resultados mais relevantes, obtidos neste e naquele trabalho, de modo que se tivesse uma breve noção da situação atual dos estudantes, em relação à apreensão de conceitos estequiométricos, conforme o quadro a seguir:

Quadro 12 – Comparativo dos resultados obtidos sobre as dificuldades de aprendizagem.

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS		
Número(s) da(s) questão(ões)	Santos e Silva (2014)	Nossa Pesquisa
1 e 2	Resultados semelhantes nas categorias.	Resultados semelhantes nas categorias.
3	- Apenas a maioria do G1, assinalou o conceito químico aceito. - Uma minoria não respondeu.	- Os grupos EP e GEO, tiveram mais da metade assinalando o aceito. - Uma quantidade significativa não respondeu o item.
4	- Praticamente metade do G1 e mais da metade do G2, desconsideraram as proporções estequiométricas. - Percentual relativamente baixo do G2, não respondeu o item.	- Aproximadamente um oitavo de cada grupo, desconsiderou as proporções estequiométricas. - Percentuais acima de 50% para ambos os grupos, sem resposta.
5	- No G1, os percentuais relativos aos conceitos aceitos foram satisfatórios, contrariamente ao G2. - Ambos os grupos, registraram índices preocupantes para a categoria sem resposta, em especial para o G2, acima da média.	- Para os conceitos aceitos, tanto EP quanto GEO, apresentaram índices considerados satisfatórios. - Para a categoria sem resposta, os percentuais, foram expressivamente preocupantes, ainda que estivessem abaixo dos 40%.
6	- Na categoria de atribuição do mol a outra grandeza, o G1, obteve um percentual discreto; o G2, ausente. - Mais da metade dos participantes do G2, não responderam o item.	- A maioria dos participantes do grupo EP, fez a mesma atribuição; já para o GEO, foi aceitável para a categoria. - O grupo EP, apresentou um índice baixo dos que não responderam.
7	- No G1, um quinto dos participantes não respondeu a questão, enquanto que no G2, o índice ficou próximo de um terço dos participantes.	- Aproximadamente um décimo do grupo GEO, não respondeu a pergunta; no grupo EP, o índice foi nulo.
8	Não constava do instrumento de coleta de dados.	- Não há comparação devido a ausência do item no trabalho referenciado.
9	Não constava do instrumento de coleta de dados.	- Não há comparação devido a ausência do item no trabalho referenciado.

Fonte: Dados da pesquisa.

A ausência de comparação das outras categorias que integravam o quadro, uma vez que os índices se assemelhavam tanto em aspectos significantes quanto não significantes, não foi obstáculo para que se pudesse ter uma visão holística da situação do processo de ensino-aprendizagem do tema estequiometria e, daí depreendeu-se que as dificuldades de aprendizagem de conceitos químicos correlatos ao tema, é um problema que independe do espaço territorial e dos níveis de ensino onde, estudos dessa natureza, possam ser realizados, ou seja, é universal.

Corroboram com essa afirmação, os muitos trabalhos realizados, nos quais se encontram comentários de que a dificuldade aprendizagem de conceitos em estequiometria é um problema que atinge a grande maioria dos estudantes no primeiro período do curso de Química Geral nas universidades mundiais (WOOD e BREYFOGLE, 2006; HUDLE e PILLAY, 1996; SANGER, 2005; VITZ 2005).

Diante do exposto, uma vez identificadas algumas das dificuldades de aprendizagem, referentes ao tema em estudo, pôs-se em prática as sequências de atividades que compunham as estratégias investigadas, aqui chamadas de alternativas, que pudessem contribuir para com a aprendizagem significativa dos conceitos fundamentais para o processo de ensino-aprendizagem dos aspectos simbólico-matemático da estequiometria.

5.3 - As contribuições da Contextualização.

Nossas inferências com relação à contextualização tiveram como referencial o que é preconizado nos documentos curriculares oficiais da educação básica, a partir do entendimento de que esses dialogam com os objetivos da pesquisa.

A contextualização, seja como estratégia ou como princípio norteador, enfatiza como essencial a aproximação dos conhecimentos que os indivíduos têm acerca da realidade em que vivem para com o cientificamente aceito, com vistas à sua formação para cidadania, e ainda que desenvolva neste as competências e habilidades necessárias para a tomada de decisões, de forma crítica e consciente, que possam ser aplicadas na resolução de problemas de ordem científica, tecnológica e social, em situações do dia a dia relacionadas à realidade em que vive.

Diante disso e para que fosse possível obter respostas quanto a contribuição dessa estratégia ou princípio no estudo, no nosso percurso metodológico aplicação do questionário socioeconômico teve como finalidade, também, trazer uma ideia do aspecto motivacional dos sujeitos da pesquisa com relação à disciplina Química Geral I, que seria cursada.

Para a discussão das respostas dadas às perguntas que abordavam as expectativas sobre a Química, retomamos, abaixo, a tabela 1 com os dados obtidos:

Tabela 1: Frequência relativa de respostas sobre a Química para o curso

Tipo de Resposta	Interessante		Importante para sua Vida		Gosta da Disciplina		Dificuldades em Química		Aprender mais sobre Química	
	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO	ENG	GEO
Frequência Relativa (%)	53,3	62,0	40,0	38,0	33,3	48,0	6,7	13,3	13,3	26,7

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise dos dados, a princípio, induziu à conclusão de que os estudantes se encontravam motivados e interessados, em especial, pelos baixos percentuais registrados na coluna das “*Dificuldades em Química*” (ENG, GEO, 6,7%, 13,3%, respectivamente), e porque não, pelos significativos percentuais de discentes que sinalizaram a vontade de “*Aprender mais sobre a Química*” (ENG, GEO, 13,3%, 26,7%, respectivamente).

Esta impressão se mostrou contrária, a partir da aplicação de uma das duas seqüências de atividades, desenvolvidas para a verificação, não dos conhecimentos, mas sim do comportamento motivacional ao terem que resolver 04 (quatro) exercícios de cálculos estequiométricos, sem que houvesse um contexto sequer sobre os dados apresentados (APÊNDICE 1). Os parâmetros para estabelecer uma análise adequada foram:

- A ausência total de informações na folha resposta para inferir a possível manifestação do desinteresse e desmotivação;
- Os registros parciais e totais, respectivamente, sinalizaram a moderada e acentuada presença desses aspectos nos participantes.

Na devolução das folhas respostas pudemos observar que as atividades desprovidas de uma contextualização não atraem a atenção, não estimulam a participação, não despertam o interesse dos discentes. Feita a análise, verificou-se que 65% não responderam nenhuma das questões, e isso pode ser um sinal da desmotivação e do interesse, como pode ser também uma dificuldade inerente à disciplina, omitida por questões pessoais, durante o preenchimento do instrumento socioeconômico; 22,5% responderam parcialmente as perguntas e, diante disso, esse resultado, até certo ponto inconclusivo, pois não evidencia se os estudantes estão, parcialmente, motivados e interessados, ou se têm dificuldades de aprendizagem quanto ao tema; os demais educandos, 12,5%, não só responderam todos os itens, como também, demonstraram ter conhecimentos suficientes sobre o

conteúdo, fazendo com que se possa afirmar que estes discentes, talvez estivessem motivados e interessados em estudar o tema estequiometria na disciplina Química Geral I.

Sequencialmente à atividade anterior, foram aplicadas atividades contextualizadas, as quais foram compostas por textos, retirados da internet, para fossem feitas leituras e, posteriormente, discussões e reflexões sobre os seus conteúdos e suas aplicações nas questões sociais. Em um deles (APÊNDICE 3), por exemplo, o tema abordado foi poluição ambiental em geral (ar, água e solo), cuja abordagem se deu por discussões e reflexões sobre suas causas e consequências para os seres vivos e seus habitats. Nesse texto, a relação com a estequiometria tornou-se possível porque tinha ilustrações de reações químicas sobre a formação do ácido sulfúrico e a chuva ácida e outras que sustentavam o contexto de estudo.

Para complementar a atividade textual, foram propostas resoluções de atividades (APÊNDICE 4), contextualizadas, a partir das quais se poderia verificar se havia uma mudança comportamental dos estudantes. Na devolução das folhas de atividades, já foi possível notar que eram poucas as que se encontravam em branco, demonstrando, previamente, que os resultados percentuais haviam sofrido alterações. Como exemplo dessa mudança foi o aumento para 50% da quantidade de discentes que resolveram integralmente as atividades propostas; os que responderam parcialmente chegaram a 35%; os que nada resolveram, representaram um percentual de 15%, ficando bem abaixo do resultado obtido na atividade descontextualizada.

Diante disso e pelos discursos de vários discentes, foi possível considerar a possibilidade de que a contextualização, seja como estratégia ou princípio norteador, é uma ferramenta importante para promover a motivação e despertar o interesse dos educandos por ocasião da apresentação dos conteúdos no contexto escolar. Alguns dos discursos são registrados abaixo.

Estudante 33 (ENG): *Não tem graça fazer questão que não trazem figuras para se interpretar.*

Estudante 38 (ENG): *Se a questão tem uma história, dá mais vontade de encontrar a resposta.*

Estudante 19 (GEO): *Quando a pergunta tem um texto para se discutir se tem uma ideia melhor para poder resolver.*

Estudante 27 (GEO): *Já estudei com questões que trazem um contexto, gostei muito e me interessei mais para estudar.*

Cabe salientar que, apesar da perceptível mudança quanto à motivação e o interesse, os discentes continuaram a ter dificuldades com relação à aprendizagem dos conceitos e, dessa forma, podemos afirmar que a contextualização, sozinha, não é suficiente para minimizar ou evitar as dificuldades de aprendizagens encontradas com relação aos conceitos relativos ao tema estequiometria, nesta pesquisa.

De acordo com Santos (2007), apesar da concepção de que contextualizar significa um método de ensino que aumenta a motivação e facilita à aprendizagem, essa abordagem não pode ser vista como uma “vara mágica”, no sentido de que ela, por si só, vai resolver os problemas da educação, ou seja, como se o fato de o professor contextualizar suas aulas já fosse suficiente para que os educandos aprendam os conteúdos escolares.

Diante disso, simplesmente incluir situações cotidianas, não garante que se conduzirá a aula a discussões relevantes para formação do estudante enquanto cidadão, ou ainda, que não será suficiente para motivar os discentes a se interessar pela disciplina.

5.4 - As contribuições da modelagem como atividade experimental na sala de aula.

Neste tópico os resultados foram discutidos à luz do referencial teórico de trabalhos desenvolvidos por Justi; já a comparação dos mesmos será embasada nas propostas das dissertações de Santos (2013) e Migliato-Filho (2005), ainda que no nosso estudo, a modelagem não tenha sido realizada com o enfoque da experimentação, mas sim como uma atividade experimental.

Cabe aqui ressaltar, conforme apresentado no percurso metodológico, que o material utilizado para a modelagem foi o que chamamos de alternativos ou, simplesmente, de baixo custo, no caso, as tampas de garrafas PET (APÊNDICE 10) e o E.V.A. (APÊNDICE 10) e, ainda que parecessem “inadequados” poderiam cumprir com o objetivo da pesquisa quanto à abordagem de conceitos químicos necessários para o processo de ensino-aprendizagem do assunto estequiometria, tais como: representação das estruturas atômicas e moleculares da matéria, suas transformações durante os fenômenos químicos (reações químicas); representação

de uma equação química e seu balanceamento; compreensão do conceito de quantidade de matéria e sua unidade (o mol); aplicação das leis de conservação da matéria, das massas e proporções definidas; compreender o significado conceitual de reagente limitante e em excesso; entender o que se define como rendimento de uma reação.

Para os eventos de modelagem, as atividades aplicadas foram selecionadas a partir das reações químicas representadas nos textos contextualizados apresentados aos estudantes, sendo realizadas logo após suas leituras e discussões. Os discentes foram divididos em 08 (oito) grupos com 05 (cinco) componentes e, recebiam uma atividade, discutiam as soluções dos problemas e, por último, deveriam, além de apresentar os cálculos estequiométricos, realizar a representação do fenômeno, utilizando o material produzido para essa tarefa.

O desenvolvimento da atividade se deu de acordo com as seguintes orientações:

- Escolher a cor da tampa de garrafa PET que representaria cada um dos elementos químicos da reação (APÊNDICE 11). Cabe observar que os discentes foram informados de que, tanto a cor quanto a forma das tampas não representavam os átomos dos elementos a nível microscópico, sendo apenas um recurso simbólico;
- Estruturar cada uma das entidades moleculares participantes do fenômeno em questão (APÊNDICE 11):
- Realizar a representação da equação química das reações propostas, devidamente, balanceadas (APÊNDICE 12). Aqui o único recurso eram as tampas de garrafa.

Nesta etapa do percurso, os discentes foram observados pelo pesquisador e pelo professor da disciplina (orientador do pesquisador) e, foi possível perceber o interesse em realizar a atividade, partindo sempre de uma breve discussão para definição das escolhas das cores, a compreensão do fenômeno proposto, até à estruturação da representação, da melhor forma possível (APÊNDICE 15).

Verificou-se que a motivação era cada vez mais presente a cada procedimento realizado, bem como, a interação entre os membros do grupo foi fundamental na busca pelo êxito em concluir adequadamente a atividade, denotando que quando os educandos têm a oportunidade de manifestar suas concepções acerca de um determinado evento, suas participações são mais ativas e críticas. Essa postura corrobora com o que propõe...

Não obstante, em relação aos cálculos, aproximadamente, 60% dos estudantes conseguiram realizar as atividades envolvendo as relações de proporções, porém, apenas 25% conseguia explicar conceitualmente as relações estequiométricas estabelecidas pela representação das equações químicas das reações com a quantidade de matéria das substâncias e enunciar as leis ponderais.

Por ocasião da modelagem, neste primeiro momento, apesar dos esforços de muitos, alguns equívocos quanto à formulação das estruturas e seus aspectos conceituais ficaram evidentes como, por exemplo, o descumprimento do que se define como conservação da matéria e das massas (APÊNDICE 14), pois na estruturação feita pelos discentes o produto formado não correspondia ao que deveria ter sido representado, e com isso houve o desaparecimento da matéria, ou seja, houve uma dificuldade em transitar entre o raciocínio matemático e o aspecto simbólico do fenômeno.

O cenário apresentado nos parágrafos anteriores também foi demonstrado por estudos realizados (WOOD e BREYFOGLE, 2006; HUDLE e PILLAY, 1996; SANGER, 2005), que sinalizaram em seus resultados que os discentes resolveram os exercícios, envolvendo algoritmos, presentes nos LD, com muita competência, porém, diante de questões de maior grau de complexidade, nas quais lhes foram exigidas habilidades na resolução ou que exigiam uma transição de um formato para outro da apresentação do problema, ficou evidente uma incapacidade em resolver as questões.

Em nosso estudo a evidência foi constatada quando os estudantes foram conclamados a resolver questões que envolviam o balanceamento de equações químicas, o cálculo de quantidade de matéria, a compreensão das leis ponderais, a identificação do reagente limitante e em excesso, e também o rendimento de uma reação e, diante disso procurou-se partir para um segundo momento da modelagem, onde foram aplicadas novas atividades, com um contexto diferenciado e com itens relativamente modificados (APÊNDICE 13), mantendo o foco do estudo em verificar se a modelagem poderia ser o diferencial para resolução das questões e, conseqüentemente, a promoção da aprendizagem significativa dos conceitos químicos.

Este segundo momento se mostrou muito mais significativo para aprendizagem, pois as questões foram sendo cada vez mais discutidas entre os participantes de cada um dos grupos, culminando em representações moleculares

muito mais relevantes e coerentes com os conceitos envolvidos (APÊNDICES 13 e 16).

A partir dessas constatações, foi possível estabelecer um comparativo entre o primeiro e o segundo momento da modelagem, com vistas a verificar sua contribuição ou não para com o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos necessários para o ensino e o estudo do assunto estequiometria no ensino superior.

Quadro 13 – Quantidade de grupos que realizaram coerentemente a atividade.

MODELAGEM	Quantidade de Grupos	
	ENG	GEO
Primeiro momento	02	03
Segundo momento	07	08

Fonte: Dados da pesquisa.

O quadro demonstrativo faz uma comparação entre as quantidades de grupos que conseguiram representar coerentemente as estruturas e as reações propostas. Deste, depreende-se que no primeiro momento, a maioria dos grupos, possivelmente por motivos já citados anteriormente, apresentaram dificuldades em materializar o significado dos conceitos implícitos no fenômeno discutido. O segundo momento, ao contrário, talvez pelo questionamento do pesquisador durante as discussões realizadas no primeiro momento, demonstra uma diminuição dos grupos que não lograram êxito na atividade. Cabe ressaltar o quantitativo pleno dos grupos da turma GEO que conseguiram representar coerentemente as estruturas das atividades

A partir dos dados do quadro, foram construídos gráficos que dessem um panorama percentual da evolução da aprendizagem conceitual durante as atividades de modelagem, ainda que não fosse de interesse deste trabalho obter a quantificação da aprendizagem, porém como esta se apresentou nos resultados, coube aqui dar um breve parecer sobre sua relevância e significação para a pesquisa.

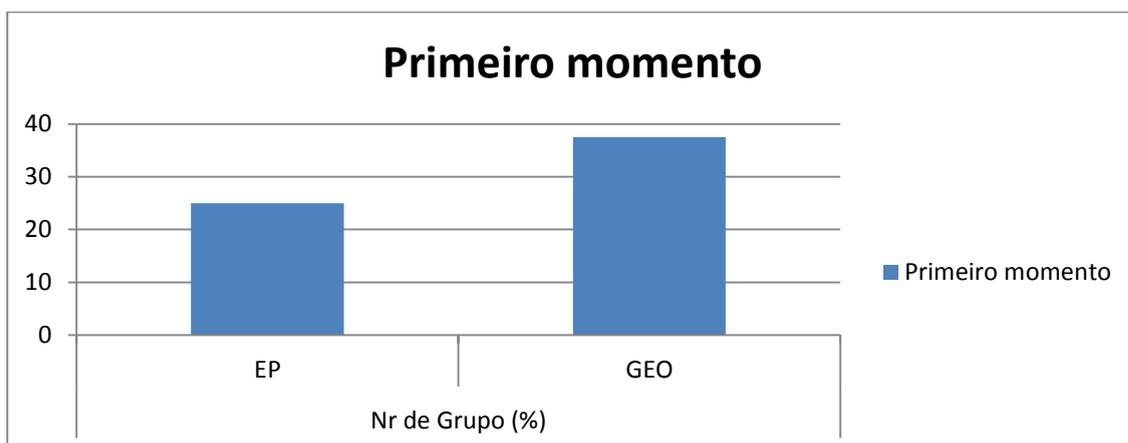


Figura 3 – Gráfico de percentuais dos grupos que modelaram corretamente.
Fonte: Dados da pesquisa.

Se considerarmos quantitativamente os percentuais obtidos, haveríamos de considerar que os estudantes, ainda que em grupos, principalmente na turma ENG, sinalizavam grandes dificuldades com a modelagem, porém, nesse primeiro momento o que se viu foi uma inibição quanto à manifestação dos conhecimentos que cada um trazia consigo, prejudicando, inicialmente, a correta representação das reações e as significações dos conceitos. Essa manifestação foi menos contundente na turma GEO, que já se mostrava um pouco mais integrada quanto ao relacionamento entre os pares.

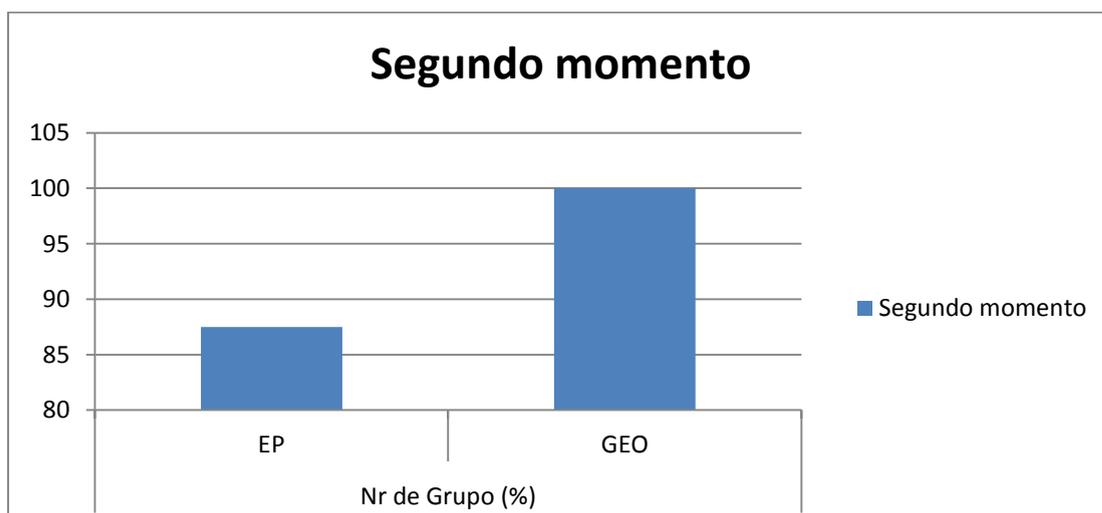


Figura 4 – Gráfico de percentuais dos grupos que modelaram corretamente.
Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico do segundo momento sinaliza uma mudança relevante nos percentuais dos resultados positivos, isto, talvez às discussões que se sucederam após os questionamentos propostos pelo pesquisador e, em parte também, pela

mudança no comportamento dos discentes, que passaram a participar mais das construções moleculares (APÊNDICE 15), cujo sucesso pode ser atribuído à aprendizagem significativa dos conceitos subjacentes ao processo de modelagem, uma vez que traziam consigo a experiência do erro do primeiro momento.

Situações, até então inusitadas, mereceram a atenção do pesquisador durante as discussões entre os participantes de um dos grupos, que fazia a representação estrutural da glicose, onde um estudante proferiu o seguinte comentário:

“Na construção da molécula de glicose, as hidroxilas tem que ficar em lados opostos devido à tensão que causam na molécula”.

Esse comentário, inesperado, trouxe para o estudo uma evidência dos conhecimentos que esse integrante dispunha e, que seria extremamente importante para a atividade de modelagem, já que estavam procurando obter sucesso no processo, salientando que o comentário só foi possível porque os discentes puderam manifestar seus conhecimentos e habilidades, permitidas pela atividade de modelagem molecular. Esse fato vem corroborar com as condições necessárias para a aprendizagem significativa, que de acordo com Ausubel (1978), só será possível se levado em conta os conhecimentos que os discentes trazem (subsunçores), aliados ao material potencialmente significativo (modelagem) e à predisposição do estudante em aprender (motivação e interesse).

O terceiro momento, que se deu, aproximadamente, duas semanas após a realização das discussões do segundo momento, foi aplicado o questionário final (ANEXO III), que continha, além de questões de verificação da mudança conceitual, questionamentos sobre a contribuição da modelagem no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos envolvidos no tema estequiometria, de onde foram obtidos os dados, doravante analisados e discutidos.

A atividade foi desenvolvida em etapas e condições, de acordo com o que se segue:

- 1ª etapa – resolução das questões 1 a 3, individualmente, nos primeiros 15 (quinze) minutos de aula;
- 2ª etapa – resolução da questão 4, em grupos, como no momento anterior, com o uso do material para a modelagem, em 15 (quinze) minutos;

- 3ª etapa – resolução das questões 5 a 7, individualmente, sem tempo determinado.

Quadro 14 – Respostas relacionadas à questão 1 – Representação simbólica da reação química.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	E	GEO
(A) Representação simbólica errada das moléculas do produto, considerando o desaparecimento da matéria.	2 (5,0%)	1 (2,5%)
(B) Representação simbólica errada do produto, com excesso de reagente, desconsiderando as proporções.	1 (2,5%)	1 (2,5%)
(C) Representação simbólica inadequada para as entidades químicas do produto, desconsiderando as proporções.	4 (10,0%)	0 (0,0%)
(D) Representação simbólica adequada para as entidades do produto, considerando as proporções, a conservação da matéria e das massas, o reagente limitante e em excesso*.	32 (80,0%)	36 (90,0%)
(E) Representação simbólica adequada para as entidades do produto, desconsiderando as leis ponderais.	1 (2,5%)	2 (5,0%)

*Resposta correta para com os conceitos químicos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Cabe lembrar que nesta questão a simbologia utilizada, remetia ao estudante evocar os conceitos fundamentais de Química envolvidos na representação, relacionados com a estequiometria, tais como estruturação molecular das substâncias participantes como reagentes e produtos, interpretação e aplicação das leis de conservação da matéria e das massas, bem como, as definições para quantidade de matéria, o mol, reagente limitante e em excesso.

Realizando uma comparação dos percentuais referentes à resposta correta deste quadro com os percentuais da questão “4”, do questionário de verificação dos conhecimentos (QVC), constantes no quadro 6, ficou evidente que houve uma mudança na concepção que os estudantes tinham sobre o significado das representações simbólicas nas reações químicas, salientando que na turma ENG, o aumento foi da ordem de 75% e na turma GEO de 77,5%. Estes resultados mostram um aumento na capacidade de interpretar as representações simbólicas e, possivelmente na capacidade de abstração, pois na questão, os símbolos nas alternativas, poderiam ter facilitado à escolha da alternativa correta.

Quadro 15 – Respostas relacionadas à questão 2 – Representação simbólica da reação química.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
Representação simbólica inadequada das moléculas dos produtos, considerando o desaparecimento da matéria.	4 (10,0%)	3 (7,5%)
Representação simbólica adequada para as entidades dos produtos, considerando as proporções, a conservação da matéria e das massas, excesso de reagente*.	28 (70,0%)	24 (60,0%)
Representação simbólica inadequada para as entidades químicas dos produtos, desconsiderando as proporções.	2 (5,0%)	2 (5,0%)
Representação simbólica inadequada dos produtos, desconsiderando as leis ponderais.	3 (7,5%)	5 (12,5%)
Representação simbólica adequada para as entidades do produto, desconsiderando as leis ponderais.	3 (2,5%)	6 (15,0%)

*Resposta correta para com os conceitos químicos.

Fonte: Dados da pesquisa.

A questão “2”, também tratava da interpretação da representação simbólica da reação química, porém com grau de complexidade maior que a anterior, pois nesta os discentes tiveram que realizar a representação simbólica dos produtos da reação, considerando as proporções estequiométricas, as quantidades de matéria, as leis ponderais, os reagentes limitantes e em excesso, ou seja, teriam que dispor de seus conhecimentos conceituais acerca do conteúdo de estequiometria, para conseguir uma resolução a contento, uma vez que era uma questão aberta.

Nesta, os percentuais obtidos foram menos expressivos, se comparados aos da questão “1”, porém não menos relevantes, porque nela os estudantes necessitavam lançar mão de seus conhecimentos adquiridos e de suas capacidades de abstrair os conceitos químicos para representar adequadamente as estruturas das entidades químicas dos produtos. Sem isso, a solução da questão não seria, de certo modo possível, principalmente para os que detinham dificuldades de compreender os conceitos químicos, essenciais para uma aprendizagem significativa do assunto estequiometria.

Comparando os percentuais com a mesma questão “4” do QVC, percebe-se uma variação da ordem de 65% para a turma ENG e de 47,5% para a GEO, mas como dissertamos anteriormente, esses resultados são extremamente relevantes, pois, ao contrário do que sinalizamos, aqui a possibilidade do desenvolvimento da capacidade de abstração por parte dos educandos, é, praticamente, uma realidade, pelo que foi exposto sobre o grau de dificuldade da questão.

Quadro 16 – Respostas relacionadas à questão 3 – Cálculos estequiométricos envolvendo reagente limitante e em excesso.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
Correta	24 (60,0%)	20 (50,0%)
Incorreta	16 (40,0%)	20 (50,0%)

Fonte: Dados da pesquisa.

O percentual na média ou superior a ela demonstra certo grau de facilidade dos estudantes em resolver questões envolvendo algoritmos, porém pode não ser suficiente para sustentar uma afirmação de que sejam capazes de compreender, no mesmo grau, o significado de reagente limitante e em excesso, presentes na reação do fenômeno apresentado aos discentes.

Portando, diante dessa incerteza, não há como inferir qualquer observação significativa, com relação à compreensão dos conceitos químicos exigidos na resolução, quanto aos conhecimentos matemáticos os percentuais expressos podem sinalizar positivamente para com a capacidade de realizar os cálculos estequiométricos.

Quadro 17 – Respostas relacionadas à questão 4 – Cálculos estequiométricos envolvendo reagente limitante e em excesso, utilizando a modelagem.

ITEM DA PERGUNTA	Nr de participantes (%)			
	ENG		GEO	
	Certa	Errada	Certa	Errada
(A) Quantidade de matéria.	8 (100%)	0	8 (100%)	0
(B) Reagente limitante.	8 (100%)	0	8 (100%)	0
(C) Reagente em excesso.	8 (100%)	0	8 (100%)	0

Fonte: Dados da pesquisa.

O quadro 17, referente à questão “4”, traz, como resultados, percentuais reais do trabalho desenvolvido e observado pelo pesquisador. Cada grupo antes de ser solicitado para a realização da modelagem promovia uma discussão sobre o item e realizava uma representação simbólica na folha resposta, para depois materializar usando as tampas de garrafas de PET e o material em E.V.A. Esse procedimento foi fundamental para o êxito da tarefa por todos os grupos da turma. Como exemplo, destacamos o trabalho de um dos grupos, sobre o a reação de síntese da glicose (APÊNDICE 16). Através desta questão, foi refutada a concepção alternativa que os estudantes tinham sobre o reagente limitante, ser a substância que apresenta menor coeficiente estequiométrico ou a menor massa.

Questão “5”, na qual os estudantes deveriam manifestar suas opiniões sobre realizar a questão “3” sem a utilização da modelagem e a “4”, aplicando a estratégia, houve unanimidade em afirmar que com o uso do material foi mais fácil e prática a

resolução da atividade. Da análise dos discursos, destacamos dois para representar bem a concepção dos discentes quanto à metodologia utilizada e suas contribuições para com o processo de ensino-aprendizagem do tema estudado.

Estudante 17 (ENG): *A modelagem permitiu uma abordagem mais “intuitiva” na resolução do problema. Na conclusão do item “4” a certeza de que a resposta era correta foi maior, pelo meu ponto de vista.*

Estudante 13 (GEO): *Quando a gente resolve usando esse método não tem como errar o resultado. Foi mole demais!*

Quadro 18 – Respostas relacionadas à questão 6 – Uso de tampas coloridas de PET e do material em E.V.A.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
(A) Facilitou a resolução do problema.	38 (95,0%)	40 (100%)
(B) Dificultou a resolução da questão.	0 (0%)	0 (0%)
(C) Não interferiu na resolução.	2 (5,0%)	0 (0%)

Fonte: Dados da pesquisa.

O número de discentes que afirmou que a estratégia metodológica da modelagem facilitou na resolução do problema foi relevante para o estudo, uma vez que muitos inferiram não ter tido um momento desses durante o ensino médio; já os dois estudantes da turma ENG, que assinalaram a não interferência da resolução, disseram que não ter dificuldades em resolver questões dessa natureza sendo, inclusive, observados pelo pesquisador, por demonstrarem facilidade em transitar do formato simbólico para o matemático e vice-versa.

A seguir, destacamos algumas das falas importantes e interessantes dos estudantes, quanto à justificativa de suas respostas:

Estudante 17 (ENG): *Visualizando como ocorre o processo, entender o que acontece se torna mais fácil e prático. Logo, facilita a resolução do problema.*

Estudante 36 (ENG): *Pois permite uma melhor visualização do problema.*

Estudante 18 (GEO): *O auxílio visual facilitou a verificação do balanceamento e da conservação da matéria.*

Estudante 29 (GEO): *Visualizando facilita para entender como ocorre mais ou menos no interior das substâncias.*

Quadro 19 – Respostas relacionadas à questão 7 – Conhecimentos relacionados aos conceitos de conservação da matéria, das massas e de reagentes limitante e em excesso, a partir do uso da modelagem.

RESPOSTA	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
(A) Dificultou a minha aprendizagem.	0 (0%)	0 (0%)
(B) Não interferiu em nada.	2 (5,0%)	0 (0%)
(C) Facilitou a minha aprendizagem.	38 (95,0%)	40 (100,0%)

Fonte: Dados da pesquisa.

De modo similar à questão anterior, nesta os percentuais permaneceram inalterados para a opção “*facilitou a minha aprendizagem*”, como aconteceu com a da anterior “*facilitou a resolução do problema*”, uma vez que questionava a eficiência da modelagem na resolução de problemas de relações estequiométricas e o significado dos conceitos químicos relativos ao tema. Os mesmos discentes que sinalizaram não ter dificuldades em resolver problemas de estequiometria manifestaram-se da mesma maneira no item “c” desta questão, bem como, registraram a mesma justificativa.

Aqui também destacamos algumas das justificativas registradas pelos estudantes:

Estudante 07 (ENG): *Se lá no ensino médio o professor ensinasse desse jeito eu não chegaria aqui com tanta dificuldade na estequiometria. Aprendi aqui em pouco tempo o que não aprendi lá.*

Estudante 11 (ENG): *No começo a gente se atrapalhou um pouco mais depois conforme o grupo conversava as coisas iam ficando mais simples de aprender.*

Estudante 16 (ENG): *Usar o desenho dos modelos com as bolinhas me ajudou muito.*

Estudante 20 (ENG): *Eu nunca pensei que aprenderia Química usando emborrachado e tampa de garrafa descartável.*

Estudante 27 (ENG): *Modelando aprender química tem mais sentido sobre o que ocorre numa reação.*

Estudante 36 (ENG): *Posso dizer que aprendi com um outro significado para as questões de química.*

Estudante 09 (GEO): *Num sei porque complicam tanto no ensino médio, se dá para aprender tão fácil com os modelos.*

Estudante 18 (GEO): *Principalmente após acertar as proporções entre as entradas e a saída, achar o reagente limitante e o em excesso foi imediato.*

Estudante 23 (GEO): *Essa idéia de usar as tampas de garrafa para fazer os modelos vai me ajudar estudar para a prova de estequiometria em casa.*

Estudante 24 (GEO): *Não posso deixar de falar da questão que tinha as bolas porque me fez entender melhor a equação química e as tampas também.*

Estudante 31 (GEO): *Dessa forma se torna mais fácil perceber a quantidade de matéria antes e depois da reação e como reagem.*

Estudante 39 (GEO): *Agente deveria ter mais aula desse jeito por que assim se aprende mais.*

As falas dos estudantes demonstraram que as atividades de modelagem foram importantes estratégias de motivação e prazer no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos implícitos no estudo da estequiometria. Não se pode deixar de dizer que foi de reflexão, pois alguns se reportaram às suas épocas do ensino médio, afirmando que o processo teria promovido uma aprendizagem melhor do assunto.

Resultados semelhantes foram obtidos por Migliato-Filho (2005), cujo trabalho deu ênfase aos mesmos conceitos químicos, relativos ao mesmo tema desta pesquisa e, observando o quadro das falas, no trabalho do autor, foi possível concluir que a estratégia aplicada por nossa pesquisa, ainda que tenha utilizado o material alternativo, propiciou aos discentes as mesmas condições para uma aprendizagem significativa.

Para validar a contribuição das estratégias utilizadas nesta pesquisa, foi elaborada uma atividade, aqui designada por “Desafio Estequiométrico” (APÊNDICE 9), aplicada uma semana após as tarefas de modelagem, que exigia dos discentes a resolução de questões de maior complexidade, sem o uso dos materiais para

modelar, ao qual foi atribuído o valor máximo de 5,0 (cinco vírgula zero) pontos, que recebia conceito “E” (Excelente); nota igual ou superior a 3,0 (três vírgula zero) e inferior a 5,0 (cinco vírgula zero) recebiam o conceito “O” (Ótimo); nota superior a 2,5 (dois vírgula cinco) e inferior a 3,0 (três vírgula zero) recebiam conceito “B” (Bom); nota igual a 2,5 (dois vírgula cinco) o conceito era “R” (Regular); já as notas inferiores a 2,5 (dois vírgula cinco) com conceito “I” (insuficiente). Os dados compõem o quadro abaixo:

Quadro 20 – Percentuais dos conceitos do “Desafio Estequiométrico”.

CONCEITOS	Nr de participantes (%)	
	ENG	GEO
Excelente (E)	0 (0%)	9 (22,5%)
Ótimo (O)	16 (40,0%)	13 (32,5%)
Bom (B)	12 (30,0%)	8 (20,0%)
Regular (R)	4 (10,0%)	0 (0%)
Insuficiente (I)	0 (0%)	3 (7,5%)

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando o grau de dificuldade das questões propostas, bem como, sua resolução sem o apoio do material para modelagem, os percentuais (70% para ENG e 75% para GEO) obtidos pelos os estudantes situados em conceitos acima do regular, vêm demonstrar que, possivelmente, houve, por parte destes, a apreensão de conceitos estequiométricos de forma significativa, assim como o desenvolvimentos de habilidades que os capacitaram a resolver as tarefas propostas, ou seja, as estratégias foram suficientes e eficientes para a promoção de uma aprendizagem relevante para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos químicos na estequiometria.

Essa apreensão dos conceitos era a preocupação principal da proposta da pesquisa e, para tanto, foi observada em todo o processo de aplicação do percurso metodológico. Em trabalhos realizados por Negrón e Gil (2010), encontramos as mesmas preocupações, ao, também, buscarem alternativas para facilitar o ensino-aprendizagem da estequiometria, apesar de naquele terem focado o estudo no trabalho colaborativo.

Ainda que não tivesse sido o nosso enfoque, as afirmações proferidas pelos autores a despeito de que o trabalho colaborativo foi extremamente essencial para a

promoção de discussões em grupo que corroboraram significativamente para a aprendizagem significativa, em nosso estudo foi observado que, durante a resolução das atividades envolvendo a modelagem, as colaborações entre os participantes de cada grupo, foram fundamentais para o sucesso tão relevante para a realização da questão “4” do questionário final desta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da literatura revisada pudemos observar que, a respeito do ensino da estequiometria, para os estudantes da educação básica, este tema, possivelmente, não tenha sido direcionado para as dificuldades de aprendizagem que estes manifestam na sala de aula, fato que, talvez, explicaria a presença dessas no nível de escolaridade que frequentam atualmente.

Em nossa pesquisa esta visão ficou bem evidente com os calouros recém-egressos do ensino médio ao ingressarem nos cursos de graduação superior e, por mais que não tenha sido objeto do estudo de nosso trabalho, observamos a necessidade de sinalizar que o desenvolvimento deste tema nos cursos de formação inicial de professores de Química, deve ter como premissa a apresentação do assunto estequiometria sob um enfoque que proporcione situações para o desenvolvimento da metacognição, no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos químicos.

Apesar de sinalizados pela literatura, os discursos sobre a abordagem conceitual da matéria demonstraram que o ensino deste conteúdo não tem recebido novas colaborações quanto à necessidade de ser apresentado na sala de aula como parte dos saberes didáticos dos professores, ou seja, há a transmissão da informação de acordo com a interpretação dada na sua transcrição nos LD.

Talvez, grande parte das dificuldades de aprendizagem dos conceitos envolvidos na estequiometria, demonstradas pelos estudantes no e ao sair do ensino médio, possam decorrer das dificuldades que os próprios docentes têm, por exemplo, em compreender a lei de conservação das massas de forma microscópica e, assim, repassam o conteúdo equivocadamente sob um olhar macroscópico.

Esta afirmação pode ser verificada durante a investigação das dificuldades de aprendizagem dos graduandos, onde foi possível perceber, através do QVC, que eles concebiam a lei de conservação das massas de forma macroscópica, bem como, dificuldades em lidar com a ideia de conservação da massa. Também ficou evidente a dificuldade em estabelecer uma relação entre os fenômenos ocorridos macroscopicamente nos materiais e o comportamento microscópico das partículas elementares que os compõem. Sem a compreensão dessa relação, atribuir uma significação aos termos de uma equação química, torna dificultoso conceber, por exemplo, o conceito de quantidade matéria e sua unidade, o mol.

Diante do exposto anteriormente, as principais dificuldades de aprendizagem

apresentadas pelos participantes do nosso estudo estão relacionadas com a dificuldade em transitar entre os níveis de representação dos fenômenos químicos, ou seja, têm dificuldade de relacionar o nível simbólico com o nível submicroscópico, e este, por sua vez, com o nível macroscópico.

Corroborando para com as dificuldades o fato da não compreensão adequada dos conceitos químicos, que são essências ao estudo da matéria e suas transformações, tais como: a grandeza quantidade de matéria sendo confundida com outras como a massa molar ou volume; a unidade mol como sendo uma grandeza da massa ou volume; o de reagente limitante e em excesso com menores e maiores coeficientes, respectivamente; a conservação da matéria e das massas, com aparecimento e desaparecimento de matéria.

A elaboração da sequência de atividades teve como objetivo promover discussões entre os participantes sobre o significado submicroscópico de conceitos químicos envolvidos na abordagem da estequiometria e, como sugestão de ferramenta para a construção do conhecimento científico, a literatura sinalizou como alternativas de estratégias a utilização da contextualização e a modelagem.

A contextualização que fez parte da segunda etapa, dentro da sequência de atividades se mostrou adequada ao observarmos a motivação e o interesse dos participantes pela aproximação destes para com o processo de aprendizagem dos conceitos implícitos no tema estequiometria e do uso das leis ponderais. Assim, a contextualização, seja como estratégia ou princípio norteador cumpriu um papel relevante, conforme destacado em trabalho desenvolvido por Santos (2007).

A etapa posterior, de forma análoga à segunda, mostrou-se igualmente adequada, pois naquela fase do estudo, os discentes foram conclamados a elaborar e expressar, individualmente, os modelos para uma dada reação química, a partir de uma simbologia proposta. Este foi um momento de adaptação com as etapas da modelagem, e o processo de idealização da representação de estruturas químicas, ocorreu de modo progressivo e ininterrupto, destacando o processo de socialização das dificuldades enfrentadas pelo grupo como um aspecto relevante para o avanço da construção do modelo.

A quarta etapa incluiu o desenvolvimento de atividades inclusas no questionário final da pesquisa, onde o estudante precisou utilizar os conhecimentos adquiridos sobre as diferentes formas de representação dos modelos para uma reação química, que suscitou em discussões sobre as limitações de cada um deles e, conseqüentemente, quanto à dificuldade, por exemplo, em transitar da forma

simbólica para a de algoritmos.

Por mais que as dificuldades de transição fossem manifestadas, de modo positivo, tanto nesta etapa como na anterior foi fundamental a intervenção dos integrantes dentro dos grupos para o avanço da modelagem e, posteriormente, a unidade do grupo para chegar aos modelos consensuais. Essa participação colaborativa dos membros dos grupos foi primordial para a redução da principal dificuldade que era conseguir realizar a transposição da forma de representação com a qual estavam acostumados (a equação química) para uma forma concreta do modelo mental.

A última etapa que previa a testagem dos modelos, contrastando-os e remodelando-os, se necessário, foi realizada de modo sumário, com os discentes apenas comparando suas construções com a apresentada pelo pesquisador, e a partir daí, tecendo suas próprias considerações sobre a construção equivocada, remodelarem as estruturas. A testagem foi realizada através de arguições do pesquisador junto aos estudantes, observando se suas argumentações eram embasadas nos conceitos fundamentais da Química, que dariam sustentação aos objetivos desta pesquisa.

Diante de uma nova situação de maior complexidade, as etapas de elaboração, teste e contraste dos modelos foram muito mais ágeis e com o reconhecimento da validade do modelo. Como se pode constatar, as estratégias utilizadas no estudo contribuíram significativamente para com o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos envolvidos na estequiometria, destacando que por mais que não se disponha do material “adequado”, este não pode ser um empecilho para a promoção do conhecimento científico na sala de aula, conforme argumentam alguns profissionais da educação básica.

Não obstante ao que foi exposto, ficou muito claro para o nossa pesquisa que a utilização de materiais que fazem parte do dia a dia do estudante, pode dar-lhe uma demonstração de que o conhecimento científico, não é privilégio dos pesquisadores e cientistas como se imagina, ao contrário, o sujeito o tem ao seu redor em qualquer atividade do mundo real.

Pensando em dar continuidade a este estudo, temos como sugestão a ampliação da proposta da modelagem para outros conceitos químicos, que acabaram por emergir durante a aplicação das estratégias alternativas.

Finalizando, há que se reconhecer a necessidade de uma avaliação mais ampla sobre a apropriação ou não dos conceitos químicos envolvidos no processo

em estudo da estequiometria, pois a imediata resposta manifestada durante e logo a seguir da sequência de atividades, apesar da viabilidade, não é garantia de uma aprendizagem significativa dos conceitos ou ainda de não ter alcançado a evolução das representações dos participantes para os fenômenos estudados.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E. P.; DE CASTILHO, R. B.. A Contextualização, numa abordagem em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): uma estratégia metodológica para aprendizagem significativa de conceitos químicos representados pelo mundo real. In: *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Florianópolis: UFSC, 2016.

AGUIRRE, C.; VÁZQUEZ, A.; FERNÁNDEZ, R. Analogías para la enseñanza de los conceptos de mol y número de Avogadro. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, Número Extra VIII, Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, p. 628-633, 2009.

ALEXANDER, M.D.; EWING, G.J.; ABBOT, F.T. Analogies that indicate the size of atoms and molecules and the magnitude of Avogadro's number. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.61, n. 7, p. 591, 1984.

ANDERSON, B. Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (Age 12-16), **Studies in Science Education**, Leeds, v. 18, n. 1 p. 53-85, 1990.

ARASASINGHAM, R. D.; TAAGEPERA, M.; POTTER, F.; LONJERS, S. Using Knowledge Space Theory To Assess Student Understanding of Stoichiometry. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 81, n.10, p. 1517, 2004.

AULT, A. How to say how much: Amounts and stoichiometry. *J. Chem. Educ.*, 78(10), 1347-1349, 2001.

_____, A. Mole City: A Stoichiometric Analogy. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 83, n. 11, p. 1587-1588, 2006.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1978). Educational psychology: a cognitive view. 2nd. ed. New York, Holt Rinehart and Winston, 1978, p. 41.

BALLÉN, A. B. **Identificación y superación de errores conceptuales en la enseñanza y aprendizaje del concepto estructurante estequiometria**. Colombia:

Kimpe, 2009.

BALOCCHI, E. et al. Aprendizaje cooperativo del concepto 'cantidad de sustancia' con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química. Parte I. El aprendizaje cooperativo. **Educación Química**, Cidade do México, v. 16, n.3, p. 469-485, 2005.

_____, E. et al. Aprendizaje cooperativo del concepto cantidad de sustancia' con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química Parte II: Concepciones alternativas de 'reacción química'. **Educación Química**, Cidade do México, v. 16, n. 4, p. 550-567, 2005.

_____, E. et al. A Aprendizaje cooperativo del concepto 'cantidad de sustancia' con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química Parte III: Concepciones acerca de la 'cantidad de sustancia' y su unidad 'el mol'. **Educación Química**, Cidade do México, v. 17, n. 1, p. 10-28, 2006.

BINDEL, T. H. Crystal Models Made from Clear Plastic Boxes and Their Use in Determining Avogadro's Number. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.79, n. 4, p. 468, 2002.

BIRD, L. Stoichiometric Calculations Using Equivalent Molar Expressions. **The Chemical Educator**. Boise, v. 11, n. 6, p 380-382, 2006.

BOUJAOUDE, S.; BARAKAT, H. Students' problemsolving strategies in stoichiometry and their relationships to conceptual understanding and learning approaches. **Electronic Journal of Science Education**, Reno, v. 7, n.3, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/CNE, 1998, p. 50.

_____. Lei nr 9394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 dez 1996. Seção 1.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Diretrizes Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2011.

_____. Ministério da Educação – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEMTEC, p.91, 2002.

_____. Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio, volume 2. Brasília: MEC/SEB, p. 117, 2006.

_____. *Química*: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2008/ Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007.

CAMPANARIO, J. M. Automatic 'balancing' of chemical equations. **Computers & Chemistry**. v. 19, n.2, p. 85-90, 1995.

CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Analisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. **Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 2, n. 2, p. 183-208, 2005.

CARVALHO, A. M. P. de; GIL-PÉREZ, D.. *Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações. 7ª ed.. São Paulo, Cortez Editora, 2003.*

CASTRO, E. A. El empleo de modelos en la enseñanza de la química. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 10, n. 1, p. 73-79, 1992.

CHAGAS, A.P. Alguns aspectos da química no século XVIII. *Quím. Nova*, 9(4), 268-280, 1986.

CHANDRASEGARAN, A. L.; TREAGUST, D. F.; WALDRIP, B. G.; CHANDRASEGARAN, A. Students' dilemmas in reaction stoichiometry problem solving: deducing the limiting reagent in chemical reactions. **Chemical education research and practice**, Ioannina, v. 10, p. 14-23, 2009.

CLEMENT, J. Model based learning as a key research area for Science Education.

International Journal of Science Education, London, v. 22, n. 9, p. 104-1053, 2000.

COHEN, I. Moles and equivalents: quantities of matter. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 38, n.11, p. 555-556, 1961.

COLL, R. K. The role of models/and analogies in science education: implications from research. **International Journal of Science Education**, London, v. 27, n. 2, p. 183-198, 2005.

COSTA, E. T. H.; ZORZI, M. B. Uma proposta diferenciada de ensino para o estudo da estequiometria. Maringá: UEM. 2008. Dissertação de Mestrado em Educação.

COSTA-BEBER, L.; MALDANER, O. A. Contextualização na Educação Química escolar: conceito a ser explorado com maior profundidade. In 30º EDEQ – Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 2010, Porto alegre. E-book do 30º EDEQ – Encontro de Debates sobre o Ensino de Química. Porto alegre: EdIPUCRS, 2010.

P.1-8.

DAHSHA, C. R., COLL, S., SUNG-ONG, N., YUTAKOM; SANGUANRUANG, S.

Enhancing grade 10 Thai students' stoichiometry understanding and ability to solve numerical problems via a conceptual change perspective. **Journal of Science and Mathematics Education in S.E. Asia**, Gelugor, v. 35, n.10, p. 1–43, 2008.

DAVIDOWITZ, B.; CHITTLEBOROUGH G.; MURRAY E. Student-generated submicro diagrams: a useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. **Chemistry Education Research and Practice**, Ioannina, v.11, p. 154- 164, 2010.

DEFFIT, J. M. G. **Diseño de un módulo instruccional con estrategias de resolución de ejercicios de estequiometría química para los alumnos de la asignatura química I, perteneciente a la unidad de estudios básicos de la universidad de oriente núcleo de bolívar, según el modelo de Walter Dick y Lou Carey**. 2009. 222f. Tese (Doutorado). Universidad de Oriente. Postgrado en educación - Núcleo de Bolívar. Ciudad Bolívar. 2009.

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002. 365p.

DE JONG, O.; TABER, K. Teaching and learning the many faces of chemistry. *Handbook of Research on Science Education*, p.631-652, 2007.

DEMEO, S. The Decomposition of Zinc Carbonate: Using Stoichiometry To Choose between Chemical Formulas. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.81, n. 1, p. 119-120, 2004.

DIERKS, W. Teaching the Mole. **European Journal of Science Education**, London. v. 3, n. 2, p. 145-148. 1981.

DIEMENTE, D. Demonstrations of the Enormity of Avogadro's Number. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.75, n. 12, p. 1565, 1998.

DRIVER, R., **Beyond Appearances: The Conservation of Matter under Physical and Chemical Transformations**, en DRIVER R., GUESNE, E., TIEBERGHIEN, A. (editors), *Children's ideas in science*, Filadelfia: Open University Press, Milton Keynes, 1985.

DUNCAN, I.M.; JOHNSTONE, A.H. The mole concept. *Educ. Chem.*, 10(6), 213-214, 1973.

FATARELI, E. F. et al. Método cooperativo de aprendizagem *Jigsaw* no ensino de

cinética química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 161-168, 2010.

FERREIRA, Poliana F. M. *Modelagem e suas contribuições para o ensino de Ciências: uma análise no estudo de equilíbrio químico*. Belo Horizonte: FE/UFMG. 2006. Dissertação de Mestrado em Educação.

_____, P. F. M.; JUSTI, Rosália S. Modelagem e o “fazer Ciência”. *Química Nova na Escola*. N. 28, p.32-36, 2008.

FRANÇA, A. A. A Contextualização no Ensino de Química: Visão dos Professores da Cidade de Sete Lagoas-MG. Monografia (Curso de Especialização) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p.10, 2005.

FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, G. Y.; MUJICA, E. Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud «olvidada» en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 11, n. 2, p. 107-114, 1993.

_____, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 17 n. 3, p. 359-376, 1999.

_____, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20 n. 2, p. 229-241, 2002.

GABEL, D.; SHERWOOD, R. D. Analyzing difficulties with mole-concept tasks by using familiar analog tasks. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 21, p. 843-851, 1984.

GALAGOVSKY, L; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001.

GAMBOA, J., CORSO, H.; GENNARI, F. Se busca una magnitud para la unidad mol. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 3 n. 2, p. 229-236, 2006.

GARCIA, A. Insights: A New Method to Balance Chemical Equations. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.64, n. 3, p. 247-248, 1987.

GARCÍA, J.P. et al. Ideas de los alumnos acerca del mol. Estudio curricular. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 8 n. 2, p. 111-119. 1990.

GILBERT, G. L. Percent Composition and Empirical Formula - A New View. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.75, n. 7, p. 851, 1998.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Stretching models too far. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, 22-26 April, 1995.*

_____, J. K. Models and Modeling: routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Taiwan, v. 2, p. 115-130. 2004.

GORIN, G. Mole, Mole per Liter, and Molar: A Primer on SI and Related Units for Chemistry Students. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.80, n. 1, p. 103, 2003.

GUEVARA, M; VALDEZ, R. Los modelos en la enseñanza de la química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y aprendizaje. **Educación Química**, México, v. 15 n. 3, p. 243-247, 2004.

GUO, C. A New and General Method for Balancing Chemical Equations by Inspections. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.74, n. 11, p. 1365, 1997.

HAIM, L.; CORTÓN, E.; KOČMUR, S.; GALAGOVSKY, L.. Learning Stoichiometry with Hamburger Sandwiches. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 80, n.9, p. 1021, 2003

HARDWICKE, A.J. Using molecular models to teach chemistry. *Schl. Sci .Rev*, 77(278), 59-64, 1995.

HINTON, M.; NAKHLEH, M. Students' Microscopic, Macroscopic, and Symbolic Representations of Chemical Reactions. **Chemical Educator**, Boise, v. 4, n. 5, p. 158- 167, 1999.

HOPPÉ, J. Chemical amount or chemount. **The Science School Review**, v. 73, n. 263, p. 132-133, 1991.

HUDDLE, P. A., PILLAY, A. E. An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a south african university. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 33, n. 1, p. 65-77, Hoboken, 1996.

INGHAM, A.M.; GILBERT, J.K. The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *Int. J. Sci. Educ.*, 13(2), 193-202, 1991.

INMETRO. **Sistema Internacional de Unidades - SI**. 8. ed. Rio de Janeiro, 2003.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

JOHNSTONE, A. H. (1982). Macro and Micro-chemistry. *The School Science Review*, 1982, 64-377.

_____, A. H. Why is science difficult to learn? *J. Comp. Assis. Learn.*, 7, 75- 83, 1991.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. A Natureza de Modelos na Visão de Professores de ciências. In: III Encontro Nacional em Educação em Ciências, 2001, Atas do III ENPEC. Atibaia, São Paulo, 2001.

_____, R. S.; GILBERT, J. K. Modelling teacher`s views on the nature of modeling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p.369-387, 2002.

_____, R. S. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 24 n. 2, p.173-184, 2006.

KAPRAS, S. et al. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de Ciências. 1997. *Revista Investigação no Ensino de Ciências*. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID33/v2_n3_a1997.pdf> Acessado em 13/08/2016.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S.. *As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de Ciências*. *Ciência & Educação*, 17, n. 1, p. 35-50, 2011.

KEMPA, R. Students learning difficulties in science: causes and possible remedies. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 9, n. 2, p. 119-128, 1991.

KRIEGER, C. R. Stoichiometry: A Cognitive Approach to Teaching Stoichiometry. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 74 n.3, p. 306, 1997.

LANDAU, L.; LASTRES, L. Cambios químicos y conservación de la masa...? Está todo claro? **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 14 n. 2, p. 171-174, 1996.

LEE, S. A redefinition of «mole». **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 38, n.11, p. 549-551, 1961.

LEVINE, F.S. Concepts and models. *Educ. Chem.*, 11(3), 84-85, 1974.

LIMA, M.B.; DE LIMA-NETO, P. Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de química. *Quim. Nova*, 22(6), 903-906, 1999.

LIMA, J. F.L. *et al.* Contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, Rio de Janeiro, nr 11, p. 26, 2000.

LLORENS, J. A. La concepción corpuscular de la matéria. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación em la escuela*, 4, pp.33-48, 1988.

MALDANER, O. A. *A Formação Inicial e continuada de Professores de química: professor/pesquisador*. 2ª Ed. Ijuí: Editora Ijuí, p.144, 2003.

MENDONÇA, P. C. C. “**Ligando**” as ideias dos alunos à ciência escolar: análise do ensino de ligação iônica por modelagem. 2008. 241f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

MENEZES, L. C. Formação continuada de professores de Ciências no contexto Iberoamericano. 2ª ed. Campinas: Autores Associados, 2001.

MIGLIATO FILHO, J. R. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio**. 2005. 125f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MILLS, I.M.; CVITAS, T.; HOMANN, K. KALLAY, N.; KUCHITSU, K. IUPAC Quantities, units and symbols in physical chemistry. Oxford: Blackwell, 1993.165p.

MORAES, R. *Organização de aulas práticas*. In: Congresso da sociedade Brasileira de Química – 2. São Paulo, 1988, p.69-70.

_____, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9 n.2, p. 191-211, 2003.

_____, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n.1, p. 117-128, 2006.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.1. n.3, p. 1-39, 1996.

_____, M. A. Teorias de Aprendizagem. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo, Editora Moraes (1999).

MUROV, S.; STEDJEE, B. Analysis of zinc tablets: an extension to a stoichiometry experiment. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 78. n.1389 p. 538, 2001.

NAKHLEH, M. Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers- Identifying Conceptual students in general Chemistry. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 70, n.1, p. 52-55, 1993.

NEGRÓN, A. V.; GIL, P. G. *Em busca de alternativas para facilitar la enseñanza-*

- aprendizaje de la estequiometria*. Em Blanco & Negro, *Revista sobre docência Universitaria*, v. 1, n. 1, 2010.
- OLSON, J. A. An Analysis of the Algebraic Method for Balancing Chemical Reactions. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 74. n.5 p. 538, 1997.
- PADILLA, K., FURIÓ, C., AZCONA, R. Las visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de sustancia y mol. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, Número extra, VII congreso, 2005.
- PIO, J.M., *Visão dos alunos do ensino médio sobre dificuldades na aprendizagem de cálculos químicos*, Belo horizonte, Minas Gerais, Monografia de Licenciatura, UFMG, 2006.
- POSKOZIM, P. S. et al. Analogies for Avogadro's Number. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 63. n.2 p. 125-126, 1986.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Tradução Naila Freitas. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- ROBINSON, W. R. Chemistry problem-solving: Symbol, macro, micro, and process aspects. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 80, n.9, p. 978–982, 2003.
- ROCHA-FILHO, R. C. Sobre o mol e seus afins: uma proposta alternativa. **Química Nova**. São Paulo, v. 11, n. 4, p. 419-429, 1988.
- RODRIGUES, C. L.; AMARAL, M. B. Problematizando o óbvio: ensinar a partir da realidade do aluno. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 19., Caxambu, 1996. **Anais...** Caxambu: Anped, 1996. P. 197.
- ROGADO, J. Ensino e aprendizagem da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: a importância da história da ciência para sua compreensão. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, Número Extra VII Congreso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2005.
- ROHRIG, B. Fizzy drinks: stoichiometry you can taste. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.77, n. 12, p. 1608, 2000.
- ROSA, M.; SCHNETZLER, R. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*. nº 8, p.33, 1998.
- ROSEN, I. A. A computer program designed to balance inorganic chemical equations. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.54, n. 11, p. 704, 1977.

ROSER, C. E.; MCCLUSKEY, C. L. Pressure and stoichiometry. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.76, n. 5, p. 638-640, 1999.

SÁNCHEZ, B. G.; VALCÁRCEL, P. M. V. Diseño de unidades didácticas em el área de ciências experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 11, n.1, p. 33-44, 1993.

SANGER, M. "Evaluating student`s conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing". *Journal of Chemical Education*, volume 82, pp. 131-134, 2005.

SANGIOGO, F.A.; ZANON, L.B. Reflexões sobre a formação docente referentes a abordagens de estruturas submicroscópicas em livros didáticos de ensino médio. In.: *Anais do VI Congresso Internacional de Educação*. São Leopoldo: UNISINOS, 2009a.

SANMARTÍ, N. El diseño de unidades didácticas. In: PERALES, A. J.; CAÑAL, P. (Orgs.) **Didactica de las ciências experimentales**. Barcelona. Marfil, 2000. P. 239-266.

SANTOS, L. C. dos. Dificuldades de aprendizagem estequiometria: uma proposta de ensino apoiada na modelagem. 2013. 105f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

_____, L. C. dos; SILVA, M.G.L. da. Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria. *Acta Scientiae*, V. 16, n. 1, p. 133-152, Jan/Abr, 2014.

SANTOS, W.L.P. *Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica*. Ciência & Ensino, vol. 1, número especial, 2007.

SAVOY, L. G. Balancing chemical equations, **School Science Review**, Hatfield, v. 69 n. 249, p. 713-720, 1988.

SCHMIDT, H. J. Secondary school students' strategies in stoichiometry. *International Journal of Science Education*, London, v. 12, n.4, p. 457-471, 1990.

_____, H. J. An alternate path to stoichiometric problem solving. *Research in Journal of Science Education*, 27, 237-249, 1997.

SCHWAB, P. A.; JONES, D. R. BALANCER: A Computer Program for Balancing Chemical Equations. **Journal of Agronomic Education**, Madison, v.18, n. 1, p. 29-32, 1989.

- SILVA, H.C. *et al.* Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências. *Ciência & Educação*, V. 12, n. 2, p. 219, 2006.
- SILVA, M. G. L.; NÚÑEZ, I. B. Identificando concepções alternativas dos estudantes. In: **Instrumentação para o ensino de química II**. Natal: EDUFRRN, 2007.
- SOARES, M. A. C. P. A **Grandeza “Quantidade de Matéria” e sua Unidade “Mol”**: Uma Proposta de Abordagem Histórica no Processo de Ensino-Aprendizagem. 2006. 154f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2006.
- SOUZA, S. E. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. In: **I Encontro de pesquisa em Educação, IV Jornada de Prática de Ensino, XIII Semana de Pedagogia da UEM**. Arq Mudi. 2007. Disponível em: http://www.pec.uem.br/pec_uem/revistas/arqmudi/volume_11/suplemento_02/artigos/019.pdf. Acesso em: 28/08/2016.
- STAVER, J.R.; LUMPE, A.T. Two Investigations of students» understanding of the mole concept and its use in problem solving. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 32 n. 2, p.177-193, 1995.
- THAMBURAJ, P. K. A Known-to-Unknown Approach to Teach About Empirical and Molecular Formulas. **Journal of Chemical Education**, v. 78 n.7, p. 915-916, 2001.
- TORRE, A. O.; JIMÉNEZ, J. M. S. La masa no se crea ni se destruye. ¿Estáis seguros?, **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 10 n.2, p. 165-171. 1992.
- TÓTH, Z. Balancing Chemical Equations by Inspection. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.74, n. 11, p. 1363, 1997.
- _____, Z. Limiting Reactant: An Alternative Analogy. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 76, n.7, p. 934, 1999.
- _____, Z.; SEBESTYÉN A. Relationship between students’ knowledge structure and problem-solving strategy in stoichiometric problems based on chemical equation, **Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education**, v. 1, n.1, p. 8-20, 2009.
- URQUIETA, E.S. *O Ensino de Química e sua Adequação Metodológica*. São Carlos, 1991. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de São Carlos.
- UTHE, R. E.; For Mole Problems, Call Avogadro: 602-1023. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v.79, n. 10, p. 1213, 2002.
- VERONEZ, K. N. S.; PIAZZA, M. C. R. Estudo Sobre Dificuldades de Alunos do

Ensino Médio com Estequiometria. In: Encontro Nacional em Educação em Ciências, 2007. Atas do **VI ENPEC**, 2007.

VITZ, E. "Amino acid complementarity: A biochemical exemplar of stoichiometry for General and Health Sciences Chemistry". *Journal of Chemical Education*, volume 82, pp. 1013-1016, 2005.

WARTHA, E.J.; FALJONI-ALÁRIO, A. *A Contextualização no Ensino de Química Através do Livro Didático*. Química Nova na Escola, nr 22, 2005.

WITZEL, J. E. Lego Stoichiometry. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 79, n. 3, p. 352, 2002.

WOOD, C.; BREYFOGLE, B. Interactive Demonstrations for Mole Ratios and Limiting Reagents. **Journal of Chemical Education**, Georgia, v. 83 n.5, p. 741-748, 2006.

ZABALA, A. **A prática educativa**. Como ensinar. Porto Alegre: ArtMed, p.18, 1998. 224 p.

_____, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo**: uma proposta para o currículo escolar. Porto Alegre: ArtMed, p.109, 2002.

ZANON, L. B.; PALHARINI, E. M. A Química no ensino no ensino fundamental de Ciências. *Química Nova na Escola*, n. 2, p.15-18, nov., 1995.

APÊNDICE - 1

Sequência de Atividades

Estequiometria

Questões referentes ao estudo da matéria e suas transformações.

- 1- O que você entende por massa atômica, massa molecular, massa molar, quantidade de matéria e mol?
- 2- Descreva a Lei de Conservação das Massas (Lavoisier) e a Lei das Proporções Constantes (ou Múltiplas) (Proust).
- 3- Complete e balanceie a equação a seguir:



- 4- Qual a quantidade, em gramas, de $\text{CO}_{2(g)}$ formado ao misturarmos 2,0 mols de $\text{C}_{(\text{grafite})}$, com 64g de oxigênio molecular, nas CNTP?
- 5- O que entende por reagente limitante e reagente em excesso, numa transformação química?
- 6- Qual a quantidade em gramas, de hidrogênio e oxigênio serão necessárias para a obtenção de 72 gramas de água, supondo rendimento de reação igual a 50%. **Dica!!!!** Ache primeiro para 100% e depois para 50%.

APÊNDICE - 2

Sequência de Atividades

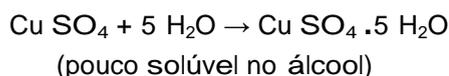
Estequiometria

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO (Puccamp 2004) A preocupação com as algas

As cianobactérias podem, em certas condições, crescer com rapidez nos cursos d'água, formando colônias visíveis. A maioria dos casos de intoxicação por ingestão desses organismos foi observada após aplicação de sulfato de cobre em águas com alta densidade de plâncton vegetal. Isso podia ser esperado: a aplicação constante de sulfato de cobre faz com que as algas morram e sua parede celular se rompa, liberando as toxinas na água. Por isso, atualmente o uso dessa substância como desinfetante não é recomendado.

(Adaptado de "Ciência Hoje". v. 25, nº 145, dezembro/98, p. 33)

1. Sulfato de cobre pode ser utilizado na agricultura como fungicida e também para transformar o álcool hidratado (mistura azeotrópica contendo 4%, em massa, de água) em álcool anidro.



Assim, para obter-se 96 kg de álcool anidro a custa de cerca de 100 kg de álcool hidratado, a massa de sulfato de cobre anidro utilizada é, aproximadamente,

Dados:

Massa molar (g/mol)

$\text{Cu SO}_4 = 160$

$\text{H}_2\text{O} = 18$

- a) 20 kg b) 10kg c) 9 kg d) 7 kg e) 5 kg

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO.

(Puccamp 2004) Os radioisótopos, apesar de temidos pela população que os associa a acidentes nucleares e danos ambientais, exercem importante papel na sociedade atual. São hoje praticamente indispensáveis à medicina, engenharia, indústria, hidrologia, antropologia e à pesquisa acadêmica em diversas áreas do conhecimento, seja por atuarem como traçadores radioativos, ou como fontes de radiações.

2. Carbono - 11 é utilizado na medicina para diagnóstico por imagem. Amostras de compostos contendo carbono-11 são injetadas no paciente obtendo-se a imagem desejada após decorridos cinco "meias-vidas" do radioisótopo. Neste caso, a porcentagem da massa de carbono-11, da amostra, que ainda não se desintegrou é:

- a) 1,1% b) 3,1% c) 12% d) 50% e) 75%

3. PUC-PR Em 100 gramas de alumínio, quantos átomos deste elemento estão presentes?

Dados: $M(\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$; $1 \text{ mol} = 6,02 \times 10^{23}$ átomos

- a) $3,7 \times 10^{23}$ b) 27×10^{22} c) $3,7 \times 10^{22}$ d) $2,22 \times 10^{24}$ e) $27,31 \times 10^{23}$

4. PUC-RJ Qual a massa de enxofre, em quilogramas, necessária para a obtenção de 2.000 kg de ácido sulfúrico, supondo um rendimento de 100%?

- a) 100 kg b) 128 kg c) 200 kg d) 320 kg e) 640 kg

5. Unifor-CE O aquecimento de uma mistura constituída por 100 g de óxido de cobre (II) e 100 g de carbono produziu 80 g de cobre e 28 g de dióxido de carbono. Logo, sobraram sem reagir:

- a) 11 g de óxido de cobre (II).
b) 20 g de óxido de cobre (II).
c) 83 g de carbono.
d) 92 g de óxido de cobre (II).
e) 92 g de carbono.

APÊNDICE - 3

CONTEXTUALIZAÇÃO Texto para leitura e discussões.

(Adaptado de ©2006 LaQA Laboratório
de Química Ambiental)

Chuva ácida – Causas e consequências.

A chuva ácida e suas consequências são um problema do mundo industrializado. Veja as causas deste problema e as práticas preventivas que foram tomadas.

A chuva, por si só, já possui um pequeno grau de acidez devido à presença de dióxido de carbônico (CO₂) na atmosfera, contudo não é prejudicial para a saúde do ser humano, animais e dos ecossistemas do nosso planeta. Porém em regiões ou cidades com alto nível de desenvolvimento industrial é comum ouvirmos falar em chuva ácida.

Causas.

A chuva ácida é uma variação na acidez da chuva causada pelos gases tóxicos liberados pelas indústrias, como dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e do óxido de nitrogênio (NO_x), que são, sobretudo, provenientes da queima de combustíveis de origem fóssil como carvão, gasolina, óleo diesel.

A primeira pesquisa realizada sobre a chuva ácida foi feita pelo climatologista Robert A. Smith, na cidade de Manchester na Inglaterra no período inicial da revolução industrial. Esse tipo de chuva possui maior ocorrência em áreas muito industrializadas e em países em pleno desenvolvimento como o Brasil, por exemplo, devido ao crescimento desenfreado e irregular de seu campo industrial. Em seu estado normal, a chuva possui um pH (escala de 0 a 14 para medir a acidez sendo 7 o pH neutro e abaixo ou acima passam a ser ácido e básico respectivamente) de 5,4, quando é considerada ácida seu pH cai para algo entre 5 e 2.2.

Consequências da chuva ácida.



Estátua danificada pelos efeitos da chuva ácida. |
Foto: Reprodução do Google.

Os gases poluentes que se acumulam na atmosfera podem originar neblina, nuvens de fumaça, além da neve ácida como a chuva. Esse fenômeno é altamente prejudicial para a saúde do homem, pois pode causar sérias doenças pulmonares além de ser também prejudicial à natureza quando polui rios, fontes de água e o lençol freático. A chuva ácida pode afetar gravemente o andamento de um ecossistema como, por exemplo, os ecossistemas aquáticos quando a água dos rios é contaminada. Lavouras inteiras podem se perder por conta de sua alta acidez e o solo pode tornar-se improdutivo. De acordo com a WWF (World Wide Fund for Nature, em português, Fundo Mundial para a Natureza) 35 % dos ecossistemas europeus já foram destruídos como consequência desse problema.

A danificação de prédios e monumentos históricos, como também a corrosão de veículos são mais alguns problemas da chuva ácida, que se não amenizada pode tornar um ambiente totalmente impróprio para viver por conta dos danos e da poluição.

Ações de prevenção.

Foi assinado no ano de 1997 um acordo (o Protocolo de Kyoto) na cidade de Kyoto no Japão, por centenas de países com o objetivo principal de impor uma meta para reduzir a produção dos gases estufa (gases poluentes responsáveis pelo efeito estufa), entre eles os causadores da chuva ácida. A implantação de um sistema de tratamento para os gases industriais também é importante, assim como a utilização de novas fontes de energias limpas como a energia eólica, a energia solar e a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis.

APÊNDICE - 4

CONTEXTUALIZAÇÃO Texto para leitura e discussões.

(Adaptado de Umberto Eco, Rápida Utopia. VEJA, 25 anos, Reflexões para o futuro. São Paulo, 1993).

A Química e a tecnologia através dos tempos.

“Ação à distância, velocidade, comunicação, linha de montagem, triunfo das massas, Holocausto: através das metáforas e das realidades que marcaram esses cem últimos anos, aparece a verdadeira doença do progresso...”.

O século que chega ao fim é o que presenciou o Holocausto, Hiroshima, os regimes dos Grandes Irmãos e dos Pequenos Pais, os massacres do Camboja e assim por diante. Não é um balanço tranquilizador. Mas o horror desses acontecimentos não reside apenas na quantidade, que, certamente, é assustadora.

Nosso século é o da aceleração tecnológica e científica, que se operou e continua a se operar em ritmos antes inconcebíveis. Foram necessários milhares de anos para passar do barco a remo à caravela ou da energia eólica ao motor de explosão; e em algumas décadas se passou do dirigível ao avião, da hélice ao turboreator e daí ao foguete interplanetário. Em algumas dezenas de anos, assistiu-se ao triunfo das teorias revolucionárias de Einstein e a seu questionamento. O custo dessa aceleração da descoberta é a hiperespecialização. Estamos em via de viver a tragédia dos saberes separados: quanto mais os separamos, tanto mais fácil submeter a ciência aos cálculos do poder. Esse fenômeno está intimamente ligado ao fato de ter sido neste século que os homens colocaram mais diretamente em questão a sobrevivência do planeta. Um excelente químico pode imaginar um excelente desodorante, mas não possui mais o saber que lhe permitiria dar-se conta de que seu produto irá provocar um buraco na camada de ozônio.

O equivalente tecnológico da separação dos saberes foi a linha de montagem. Nesta, cada um conhece apenas uma fase do trabalho. Privado da satisfação de ver o produto acabado, cada um é também liberado de qualquer responsabilidade. Poderia produzir venenos, sem que o soubesse - e isso ocorre com frequência. Mas a linha de montagem permite também fabricar aspirina em quantidade para o mundo todo. E rápido. Tudo se passa num ritmo acelerado, desconhecido dos séculos anteriores. Sem essa aceleração, o Muro de Berlim poderia ter durado milênios, como a Grande Muralha da China. É bom que tudo se tenha resolvido no espaço de trinta anos, mas pagamos o preço dessa rapidez. Poderíamos destruir o planeta num dia.

Nosso século foi o da comunicação instantânea, presenciou o triunfo da ação à distância. Hoje, aperta-se um botão e entra-se em comunicação com Pequim. Aperta-se um botão e um país inteiro explode. Aperta-se um botão e um foguete é lançado a Marte. A ação à distância salva numerosas vidas, mas irresponsabiliza o crime.

Ciência, tecnologia, comunicação, ação à distância, princípio da linha de montagem: tudo isso tornou possível o Holocausto. A perseguição racial e o genocídio não foram uma invenção de nosso século; herdamos do passado o hábito de brandir a ameaça de um complô judeu para desviar o descontentamento dos explorados. Mas o que torna tão terrível o genocídio nazista é que, foi rápido, tecnologicamente eficaz e buscou o consenso servindo-se das comunicações de massa e do prestígio da ciência.

Foi fácil fazer passar por ciência uma teoria pseudocientífica porque, num regime de separação dos saberes, o químico que aplicava os gases asfixiantes não julgava necessário ter opiniões sobre a antropologia física. O Holocausto foi possível porque se podia aceitá-lo e justificá-lo sem ver seus resultados. Além de um número, afinal restrito, de pessoas responsáveis e de executantes diretos (sádicos e loucos), milhões de outros puderam colaborar à distância, realizando cada qual um gesto que nada tinha de aterrador.

Assim, este século soube fazer do melhor de si o pior de si. Tudo o que aconteceu de terrível a seguir não foi se não repetição, sem grande inovação.

O século do triunfo tecnológico foi também o da descoberta da fragilidade. Um moinho de vento podia ser reparado, mas o sistema do computador não se defende diante da má intenção de um garoto precoce. O século está estressado porque não sabe de quem se deve defender, nem como: somos demasiado poderosos para poder evitar nossos inimigos. Encontramos o meio de eliminar a sujeira, mas não o de eliminar os resíduos. Porque a sujeira nascia da indignância, que podia ser reduzida, ao passo que os resíduos (inclusive os radioativos) nascem do bem-estar que ninguém quer mais perder. Eis porque nosso século foi o da angústia e da utopia de curá-la.

Espaço, tempo, informação, crime, castigo, arrependimento, absolvição, indignação, esquecimento, descoberta, crítica, nascimento, vida mais longa, morte... tudo em altíssima velocidade. A um ritmo de STRESS. Nosso século é o do enfarte.

(Adaptado de Umberto Eco, Rápida Utopia. VEJA, 25 anos, Reflexões para o futuro. São Paulo, 1993).

1. A bomba atômica detonada em Hiroshima liberou uma grande quantidade de energia, sob a forma de luz, raios ultravioleta, raios X, ondas de choque e calor. Os raios X e ultravioleta, apesar de serem bastante perigosos porque são penetrantes, não têm origem nuclear. Para diminuir a intensidade de raios X numa certa região pode-se interceptar parcialmente a radiação, utilizando placas de chumbo. Se a radiação tiver energia de 1,0 MeV, cada 0,86 cm de espessura de chumbo reduzem a intensidade de radiação à metade. Esse dado permite deduzir que, para reduzir a intensidade de raios X a 12,5%, ou seja, reduzi-la a 1/8 da intensidade inicial, deve-se interceptar a radiação com uma placa de chumbo de espessura, em cm, igual a

- a) 1,72 b) 2,58 c) 3,44 d) 4,30 e) 5,16

2. (Ufba 96) Na(s) questão(ões) a seguir escreva nos parênteses a soma dos itens corretos.

Se 1,27g de cobre metálico reagem com 0,32g de oxigênio molecular, pode-se afirmar que, nessa reação: Dados: Cu = 63,5 u O = 16,0 u

(01) Dois moles de cobre reagiram com um mol de oxigênio, O₂.

(02) O número de oxidação do cobre, no produto formado, é +2.

(04) $2 \text{Cu(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{CuO(s)}$ é a equação balanceada da reação, com os menores coeficientes inteiros.

(08) O oxigênio tanto é reagente quanto produto.

(16) Formam-se 1,59g de óxido de cobre (II).

(18) O cobre atua como agente redutor.

Soma ()

3. (Fuvest 2002) O aspartame, um adoçante artificial, pode ser utilizado para substituir o açúcar de cana. Bastam 42 miligramas de aspartame para produzir a mesma sensação de doçura que 6,8 gramas de açúcar de cana. Sendo assim, quantas vezes, aproximadamente, o número de moléculas de açúcar de cana deve ser maior do que o número de moléculas de aspartame para que tenha o mesmo efeito sobre o paladar?

Dados: massas molares aproximadas (g/mol)

açúcar de cana: 340

adoçante artificial: 300

- a) 30 b) 50 c) 100 d) 140 e) 200

4. Na sua opinião essa atividade ao trazer um texto para discussão e reflexão sobre a Química e seu papel na sociedade, foi:

a) Interessante.

b) Desinteressante.

c) Não interferiu em nada.

5. Um texto, contextualizando o ensino, lhe dá motivação para saber mais sobre a participação da Química no seu dia a dia?

a) Sim.

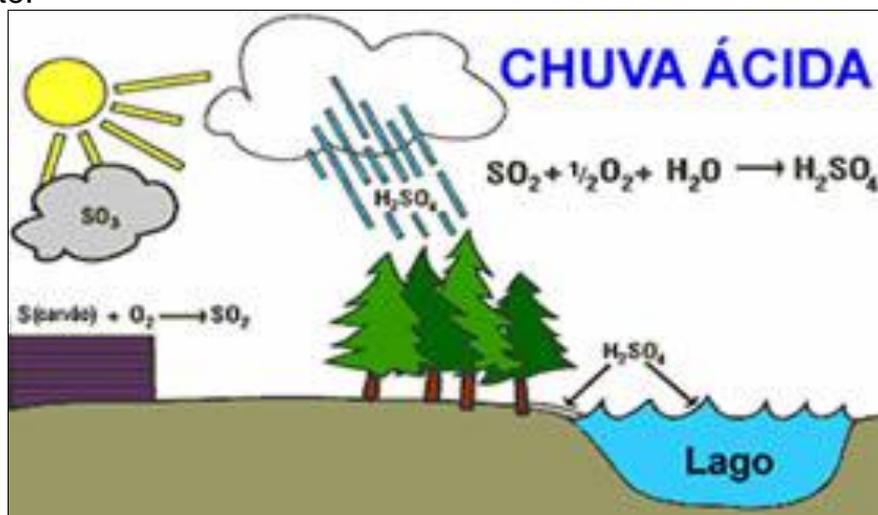
b) Não.

c) É indiferente.

APÊNDICE - 5

ATIVIDADE Nº 1 - ESTEQUIOMETRIA

A figura abaixo que representa o fenômeno da chuva ácida, nos traz uma leitura deste processo que ocorre conforme a descrição no texto constante do apêndice “4”, que é nociva, para os seres humanos, outros seres vivos e, principalmente, para o meio ambiente.



Fonte: Google

Sabendo-se que o ácido sulfúrico pode ser formado a partir do trióxido de enxofre reagindo com a água, responda ao que se pede:

1. Represente a equação química reduzida e balanceada da formação do ácido sulfúrico.
2. a) Quantas espécies químicas de trióxido de enxofre são necessárias para produzir 0,25 mol de ácido sulfúrico?
b) Qual o volume de trióxido de enxofre, nas CNTP, é necessário para reagir com 1,204 moléculas de água, para produzir quantidade suficiente de ácido sulfúrico?
c) Que massa de ácido sulfúrico é produzida a partir da reação de 12g de trióxido de enxofre com 11g de água?
d) Com relação à reação do item “c”, identifique o reagente limitante e o reagente em excesso.
3. Utilizando as tampas de garrafas PET, convencie uma cor para cada elemento químico, construa a estrutura molecular, usando o recurso da modelagem, para cada substância da síntese do carbonato de cálcio e represente a sua equação química, de acordo com o proposto na atividade 1.

APÊNDICE - 6

ATIVIDADE Nº 2 - ESTEQUIOMETRIA

A figura abaixo representa um medicamento de combate à acidez estomacal, cuja marca, ao longo dos anos, vem sendo modificada quanto aos componentes ativos de sua composição. Na imagem pode-se fazer a leitura do componente Carbonato de cálcio 750mg, como sendo a principal substância que neutraliza o excesso de ácido clorídrico produzido no estômago.



Fonte: Google

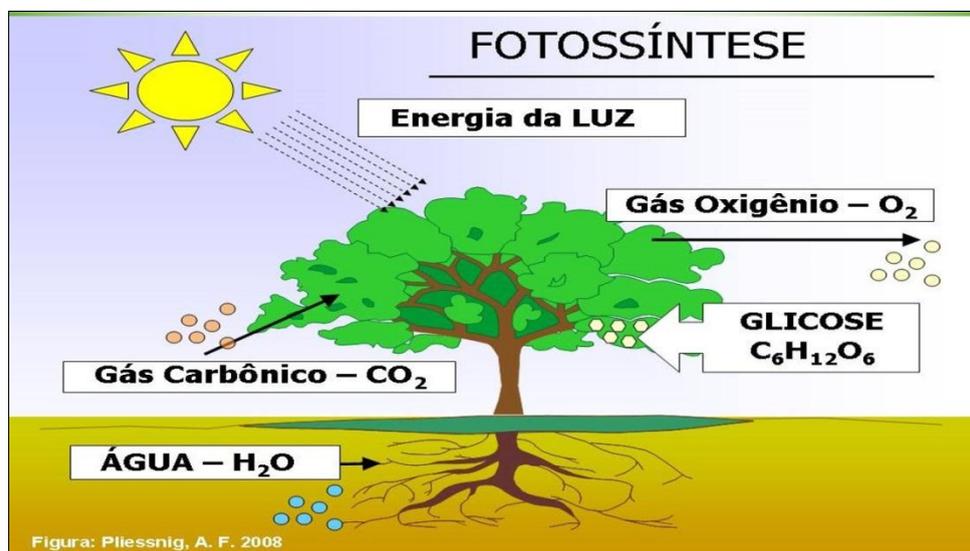
Diante da função específica desse medicamento e sabendo-se que o carbonato de cálcio pode ser produzido a partir do óxido de cálcio e do dióxido de carbono, resolva o que se segue:

1. Represente a equação química balanceada da síntese do carbonato de cálcio.
2. a) Que volume de dióxido de carbono, nas CNTP, é necessário para a produção de $1,15 \times 10^{23}$ moléculas de carbonato de cálcio?
b) Qual a massa de carbonato de cálcio, em quilogramas, é formada a partir de 0,65 L de dióxido de carbono?
c) Quantas moléculas de carbonato de cálcio são produzidas a partir da reação de 7g de óxido de cálcio com 5g de dióxido de carbono?
d) Com relação à reação do item “c”, identifique o reagente limitante e o reagente em excesso.
3. Utilizando as tampas de garrafas PET, convencie uma cor para cada elemento químico, construa um modelo para cada substância da síntese do carbonato de cálcio e represente a sua equação química, de acordo com o proposto nas atividades 1 e 2.

APÊNDICE - 7

ATIVIDADE Nº 3 - ESTEQUIOMETRIA

A figura abaixo que representa o fenômeno da fotossíntese, nos traz uma leitura deste processo realizado na biosfera terrestre, que é vital, para os seres humanos, outros seres vivos e, principalmente, para o meio ambiente.



Fonte: \Google.

Diante do exposto e da relevância do mecanismo da fotossíntese, responda ao que se pede:

1. Represente a equação química balanceada da formação da glicose, a partir do processo da fotossíntese.
2. a) Quantas espécies químicas de dióxido de cálcio são necessárias para produzir 0,75 mol de glicose?
b) Qual o volume de dióxido de carbono, nas CNTP, é necessário para reagir com 1,204 moléculas de água, para produzir quantidade suficiente de glicose e gás oxigênio?
c) Qual a massa de oxigênio é produzida a partir da reação de 11g de dióxido de carbono com 10g de água?
d) Com relação à reação do item “c”, identifique o reagente limitante e o reagente em excesso.
3. Utilizando as tampas de garrafas PET, convencie uma cor para cada elemento químico, construa um modelo para cada substância da síntese do carbonato de cálcio e represente a sua equação química, de acordo com o proposto nas atividades 1.

APÊNDICE - 8

ATIVIDADE Nº 4 - ESTEQUIOMETRIA



Fonte: Pesquisador

O produto da reação acima representada é encontrado na matéria-prima utilizada na produção de iguarias como a tapioca, a maniçoba, a farinha branca, ou pode ser consumida de modo direto, seja no café da manhã, no almoço ou no jantar.

Apesar dessa variedade de opções para o seu consumo, o seu preparo exige muitos cuidados, pois a substância que ela contém, quando retirada do solo é considerada extremamente tóxica, a ponto de poder conduzir à morte, o ser humano que venha consumi-la sem os devidos cuidados.

Depois dessas informações, você já deve saber de qual alimento estamos falando, não é?

Mas, não queremos aqui ensinar sua serventia, nem o seu preparo, mas sim, queremos utilizar essas informações como ilustrações para o estudo do nosso conteúdo de Química, na abordagem da estequiometria.

Sendo assim, responda ao que se pede abaixo:

- 1) Dada a imagem acima, represente a equação química balanceada da reação.
- 2) Qual a massa formada de gás cianídrico pela reação de 12g de gás hidrogênio, com 144g de carbono grafite e quantidade suficiente de gás nitrogênio?
- 3) Que massas carbono e gás hidrogênio, serão necessárias para reagir com 42g de gás nitrogênio, com a finalidade de produzir 1,5 mols do gás cianídrico?

- 4) Um professor de Química elaborou a seguinte questão: “*Em um recipiente foram colocados para reagir 32g de substância X, com 28g de outra Y e 18g de uma substância Z, produzindo 76g de um produto W*”. Diante do exposto, qual a sua visão com relação a essa reação? Justifique sua resposta, fundamentando-a com os conceitos de conservação da matéria, das massas e leis ponderais.
- 5) Do exposto anteriormente, ao reagirmos 6,0 mols de carbono grafite, com 4,0 mols de gás hidrogênio e 4,0 mols do gás nitrogênio, quanto obteremos de ácido cianídrico? Qual o reagente limitante da reação? Quantos mols restam do(s) reagente(s) em excesso?
- 6) Utilizando o material de modelagem disponível realize a representação da reação da questão “5”, indicando: Qual o reagente limitante e em excesso da reação? Quantos mols restam do(s) reagente(s) em excesso?

APÊNDICE - 9

“DESAFIO ESTEQUIOMÉTRICO”

QUÍMICA GERAL

CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS

- 1) Pesquisadores, através de estudos recentes, afirmam que um copo de vidro ao ser levado à boca perde 08 unidades básicas de sua constituição. Sabendo-se que o copo é levado à boca por cerca de 100 vezes ao dia, calcule quantos dias serão necessários para que um copo de massa 120g se decomponha totalmente. A unidade básica do copo é o SiO_2 .

Dados: MA do Si = 28u; MA do O = 16u.

- 2) Um professor de Química, diante do choro de seu primogênito João Miguel, resolveu coletar as lágrimas do bebê e desenvolver uma análise estequiométrica do conteúdo coletado. Verificou que, no recipiente, depois de alguns minutos, havia 20 mL do líquido lacrimal e, após consultar bibliografias de referência, constatou que cada gota de lágrima possui um volume correspondente a $1,25 \times 10^{-1}$ mL. A densidade do líquido lacrimal é semelhante à da água, ou seja, 1g/cm^3 . (MA do H = 1u; MA do O = 16u).

Admitindo-se a similaridade na composição estrutural entre a lágrima e a água, e desprezando-se os demais constituintes do líquido lacrimal, calcule:

- A quantidade de gotas no volume chorado.
 - O número de mols de água em 20 mL de lágrimas.
 - O número de moléculas de água contidas em uma gota de lágrima.
 - Que volume de lágrima(s) contém $3,01 \times 10^{20}$ moléculas de água.
 - O comprimento, em metros, do espaço ocupado pelas gotas de lágrimas, contidas no volume total captado, caso fosse possível enfileirá-las, sabendo que o comprimento de cada gota equivale a $1,5 \text{ \AA}$.
- 3) Supondo que o óxido de silício pode ser obtido através da síntese do silício com o gás oxigênio, represente a equação química, balanceada, da reação e, convencione um símbolo aleatório para os elementos químicos participantes, represente a reação por meio de um diagrama.

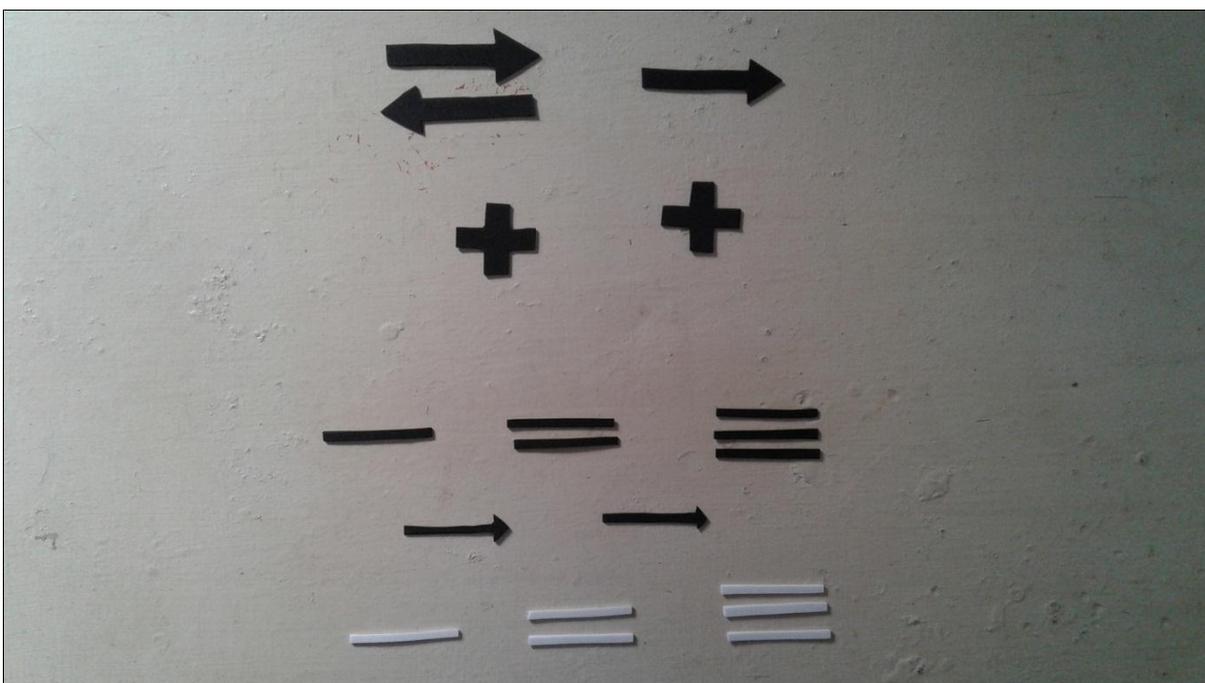
APÊNDICE – 10

FOTOGRAFIA DO MATERIAL ALTERNATIVO PARA A REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURAS MOLECULARES (TAMPAS DE GARRAFAS PET).



Fonte: Pesquisador.

FOTOGRAFIA DO MATERIAL EM E.V.A. - MONTAGEM DA REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURAS MOLECULARES E EQUAÇÕES DAS REAÇÕES .



Fonte: Pesquisador.

APÊNDICE - 11

FOTOGRAFIA DA DETERMINAÇÃO DA COR DE REPRESENTAÇÃO DE CADA ELEMENTO QUÍMICO.



Fonte: Pesquisador.

METANO.



DIÓXIDO DE CARBONO.



Fonte: Pesquisador.

ÁGUA.



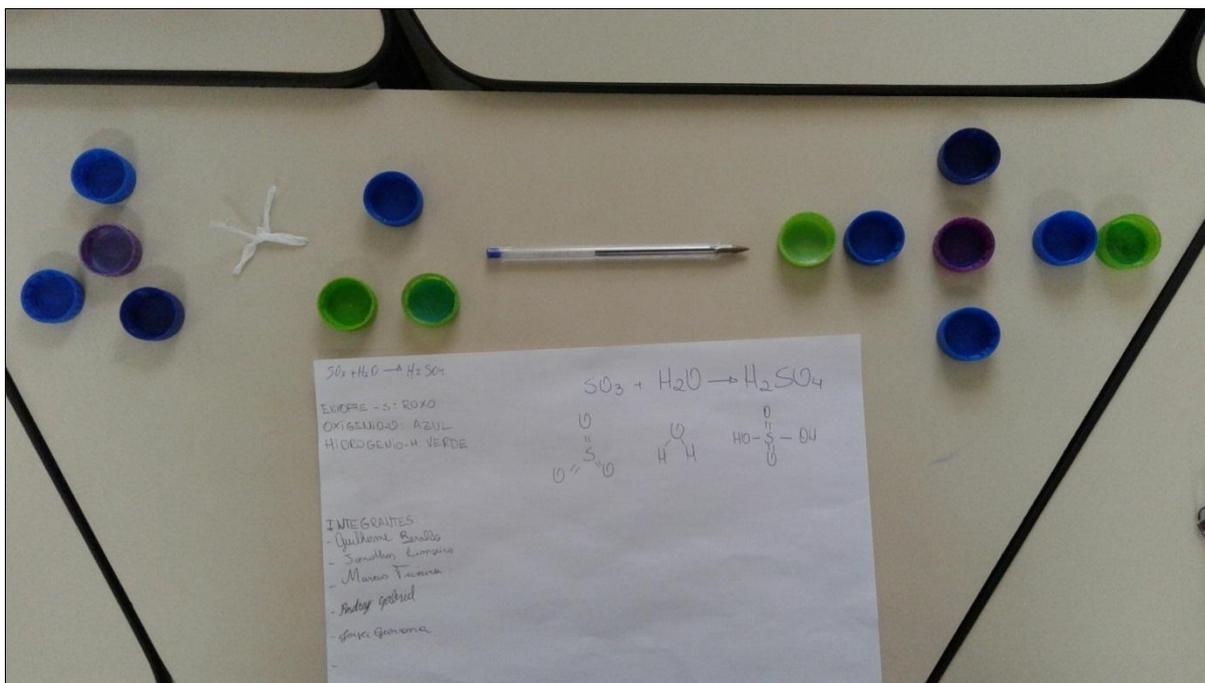
ÁCIDO SULFÚRICO.



Fonte: Pesquisador.

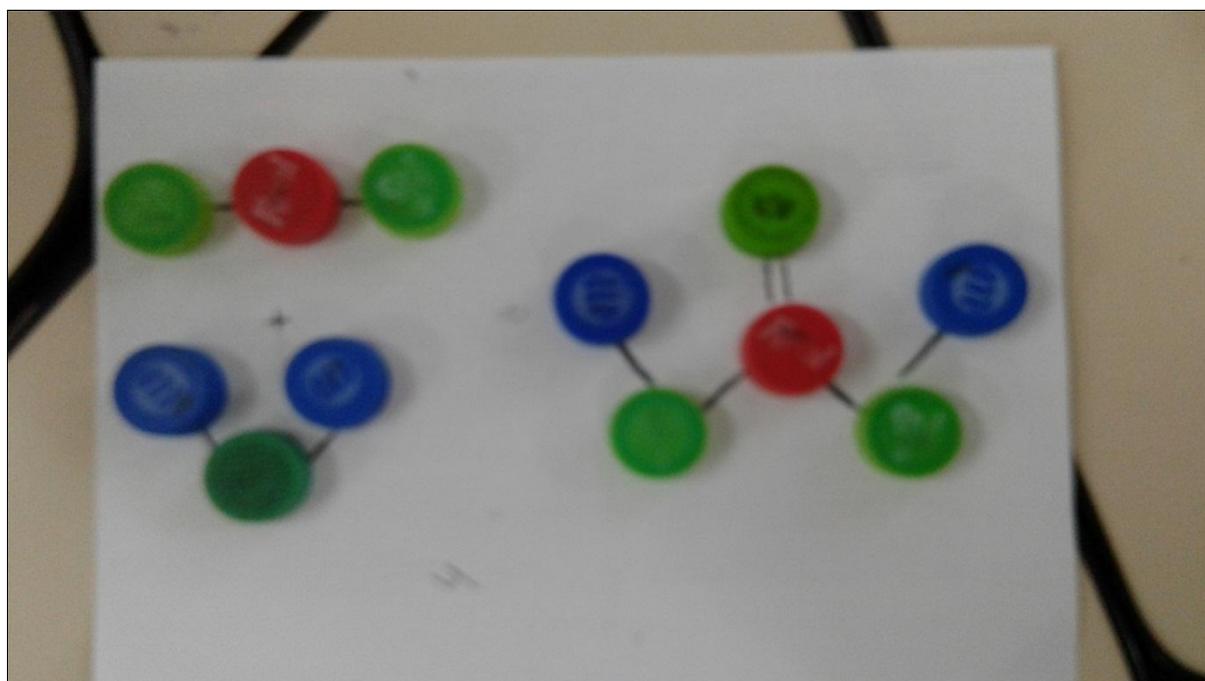
APÊNDICE - 12

FOTOGRAFIA DA REPRESENTAÇÃO DA SÍNTESE H_2SO_4 (ÁCIDO SULFÚRICO).



Fonte: Pesquisador.

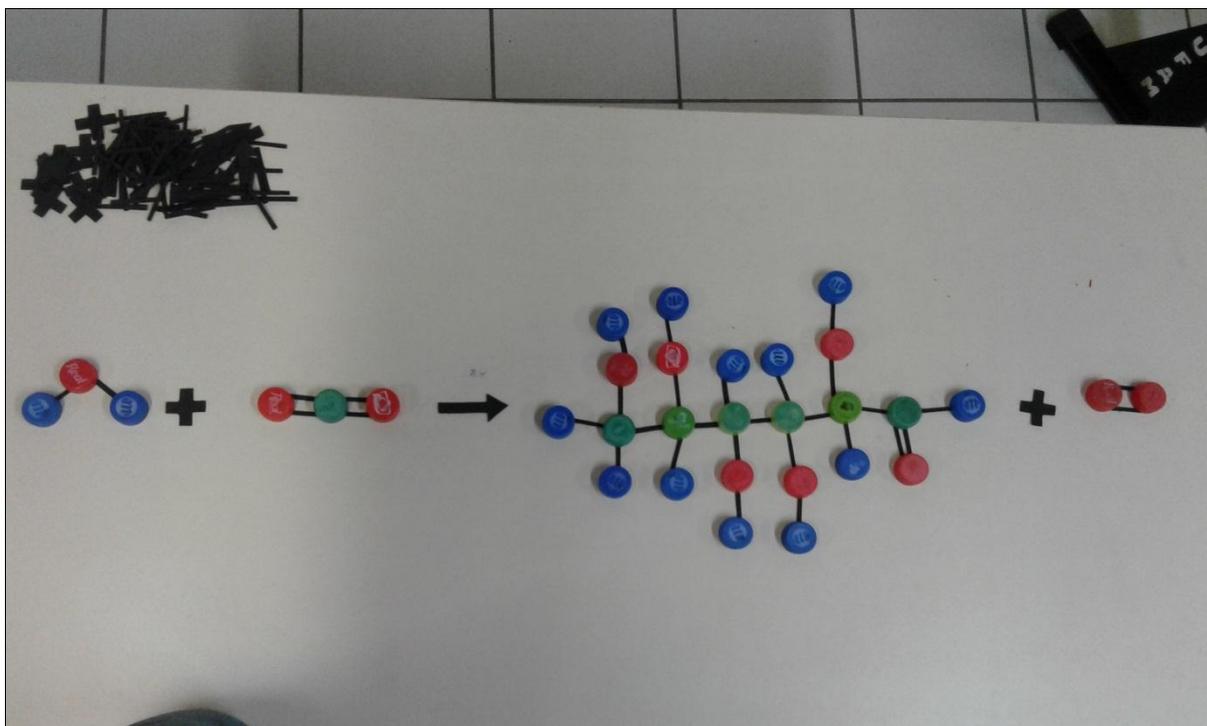
FOTOGRAFIA DA REPRESENTAÇÃO DA SÍNTESE DO H_2CO_3 (ÁCIDO CARBÔNICO).



Fonte: Pesquisador.

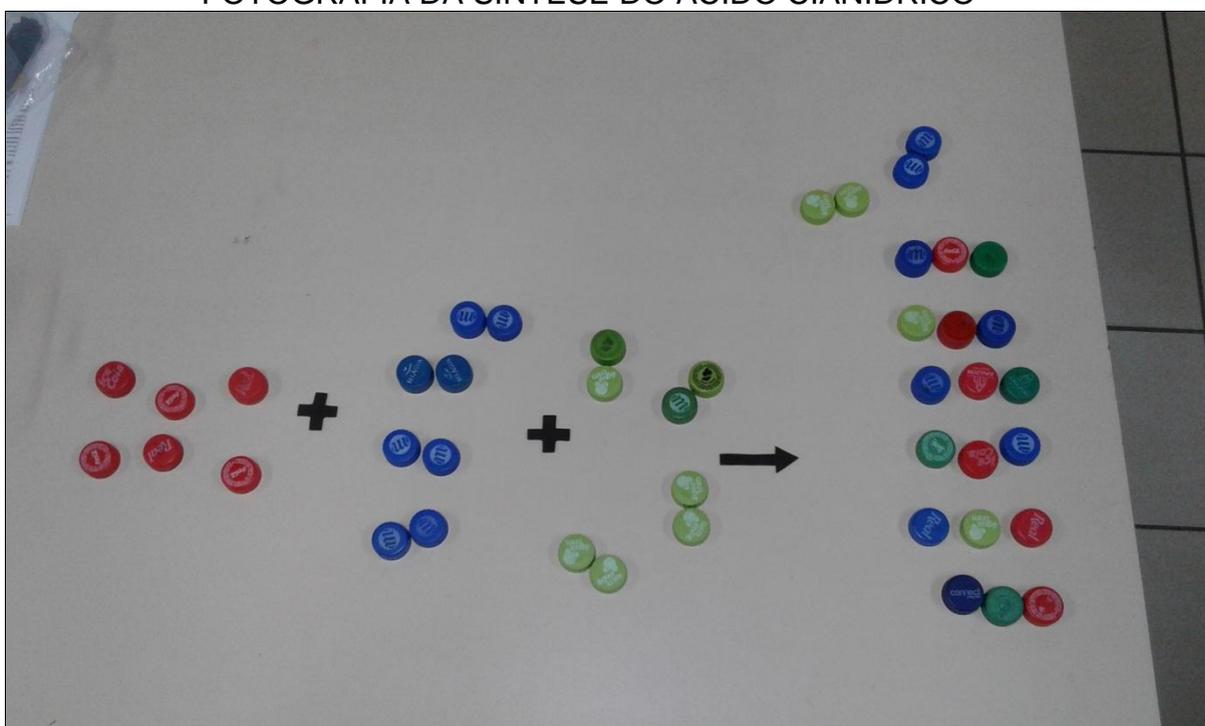
APÊNDICE - 13

FOTOGRAFIA DA ESQUEMATIZAÇÃO DA FOTOSSÍNTESE



Fonte: Pesquisador.

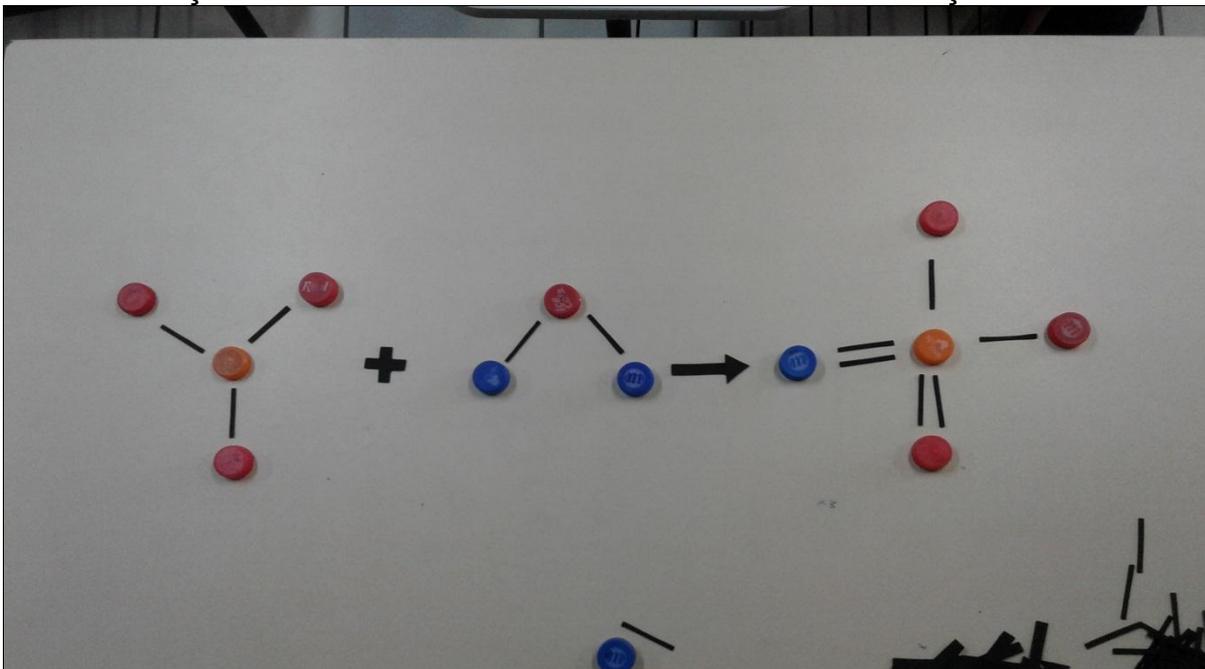
FOTOGRAFIA DA SÍNTESE DO ÁCIDO CIANÍDRICO



Fonte: Pesquisador.

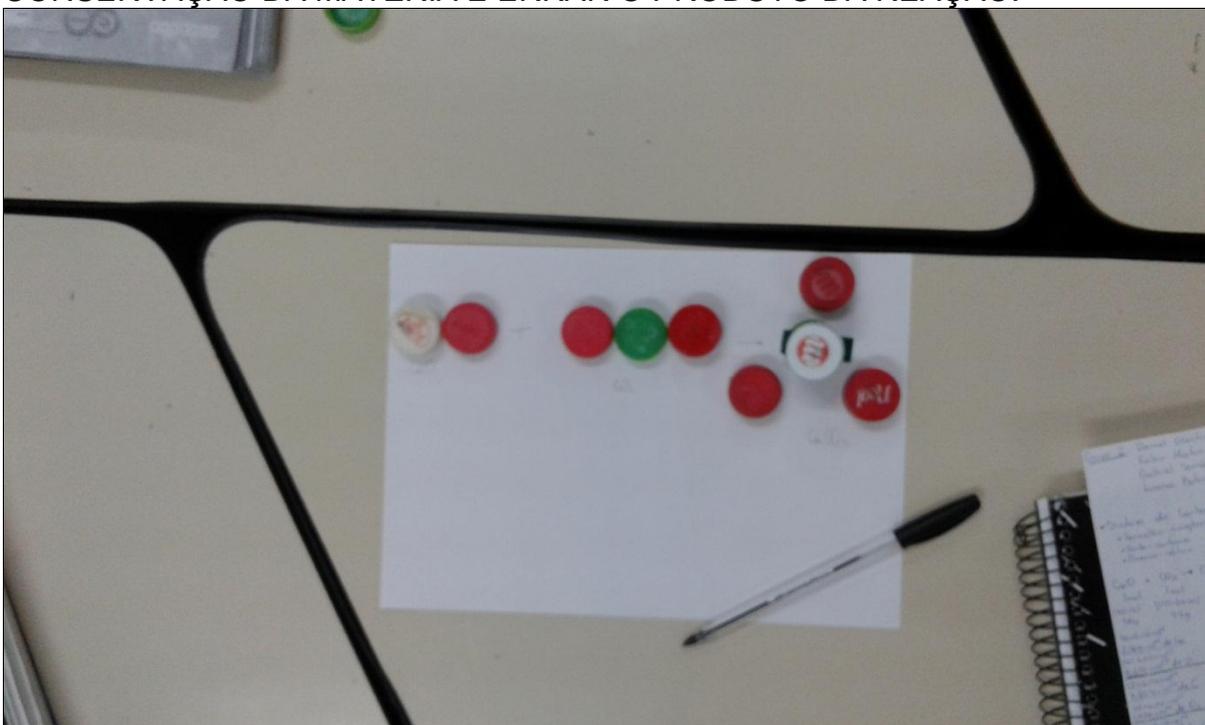
APÊNDICE - 14

FOTOGRAFIA DE REPRESENTAÇÃO INADEQUADA POR DESCONSIDERAR A CONSERVAÇÃO DA MATÉRIA E ERRAR O PRODUTO DA REAÇÃO.



Fonte: Pesquisador.

FOTOGRAFIA DE REPRESENTAÇÃO INADEQUADA POR DESCONSIDERAR A CONSERVAÇÃO DA MATÉRIA E ERRAR O PRODUTO DA REAÇÃO.



Fonte: Pesquisador.

APÊNDICE - 15

FOTOGRAFIA DO TRABALHO EM GRUPO NA MODELAGEM



Fonte: Pesquisador.

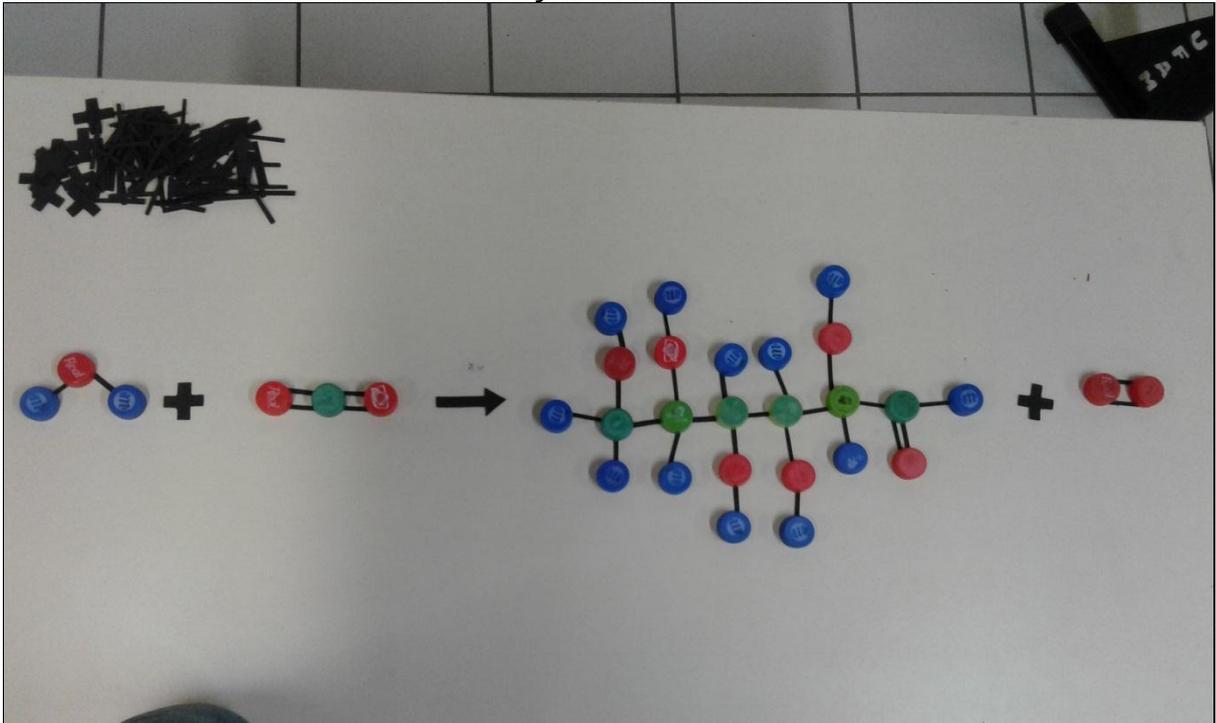
FOTOGRAFIA DO TRABALHO EM GRUPO NA MODELAGEM



Fonte: Pesquisador.

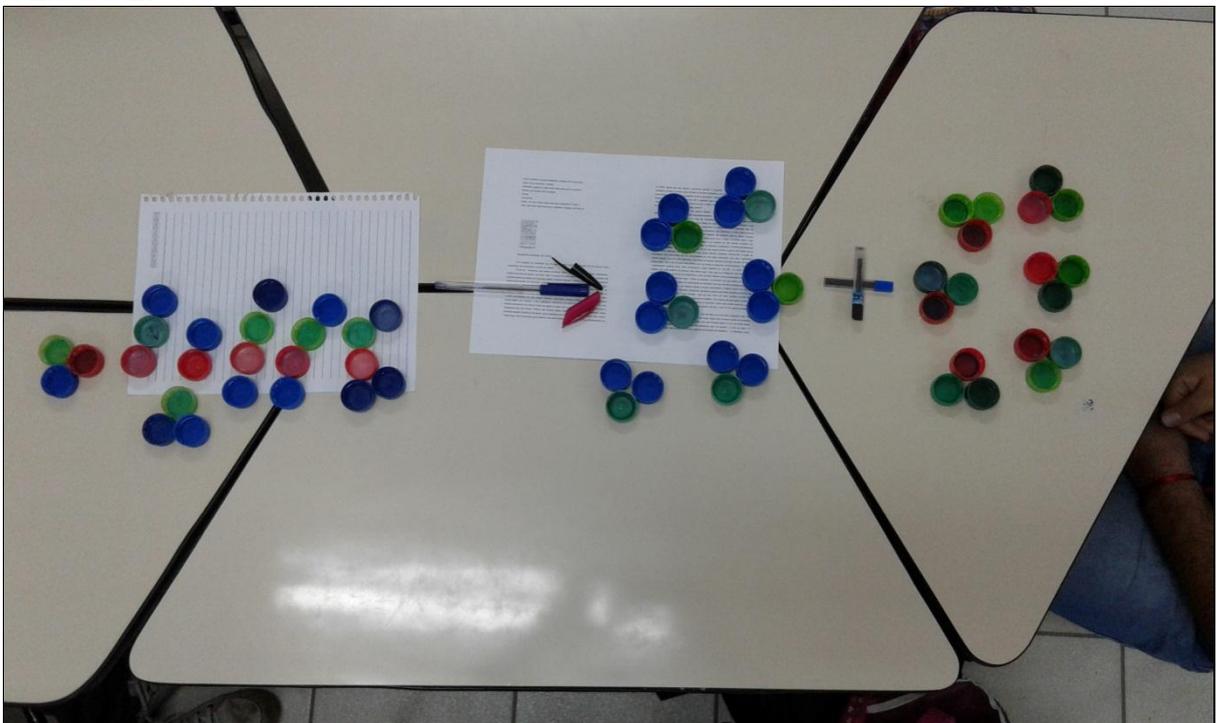
APÊNDICE - 16

FOTOGRAFIA DA REPRESENTAÇÃO DE UMA MOLÉCULA DE GLICOSE



Fonte: Pesquisador.

FOTOGRAFIA DA REPRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS DA COMBUSTÃO DA GLICOSE.



Fonte: Pesquisador.

ANEXO I

QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO - QSE

NOME DO CURSO: _____

Período: ()
Turno: () Matutino () Vespertino () Noturno
Sexo: () M () F

1- Você gosta de estudar?

() Sim () Não

2- Você acha que a Química tem um papel importante no seu cotidiano?

() Sim () Não

3- O que você acha da disciplina Química no seu curso de graduação?

() interessante () importante para a minha vida

() legal, porque gosto desta disciplina

() chata, porque tenho dificuldades em aprender Química

(.) outros: _____

4- Qual sua expectativa sobre a Química no seu curso?

() Muito Boa () Boa () Indiferente

5- O que você faz durante a semana?

() Estudo () Assisto TV () Ouço rádio

() Acesso a Internet () Leio () Outros: _____

6- O que você faz nos finais de semana?

() Cinema () Acesso a Internet () Festas

() Barzinhos () Fico em casa () Outros: _____

7- O que pretende fazer quando terminar a Faculdade?

() Pós-Graduação () Trabalhar () Outros: _____

8- Fale o que quiser sobre Química:

ANEXO II

QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE CONHECIMENTOS- QVC

NOME DO CURSO: _____

1)



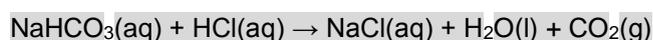
Em uma garrafa, como a da figura acima, situada sobre uma balança, é introduzido um papel pegando fogo que pesa 20 gramas fechando-a imediatamente. Uma vez fechada, a balança marca 520 gramas. Quando o papel se queimar totalmente a balança marcará:

- a) *menos de 500 gramas.*
- b) *exatos 500 gramas*
- c) *entre 500 e 520 gramas*
- d) *exatos 520 gramas*
- e) *mais de 520 gramas*
- f) *não sei.*

Justifique ao lado a sua resposta.

Item adaptado do trabalho desenvolvido por TORRE e JIMÉNEZ (1992, apud SANTOS, 2013)

2) O que significa para você a seguinte expressão química?



3) a) Coloca-se em um frasco cheio de ar um pedaço de ferro de massa conhecida. Fecha-se hermeticamente e se deixa durante três semanas. Ao final deste período, o pedaço de ferro apresenta manchas que mostram que o metal enferrujou. Comparando a massa do sólido ao final da experiência com sua massa inicial, esta será:

- a) *a mesma.* b) *maior.* c) *menor.*

b) Com relação à situação anterior, a massa de ar ao final da experiência com respeito à massa inicial será:

- a) *a mesma.* b) *maior.* c) *menor.*

Justifique sua resposta

Item adaptado do trabalho desenvolvido por LANDAU e LASTRES (1996, apud SANTOS, 2013).

4) “Em química uma reação clássica de neutralização, ocorre entre um ácido e uma base produzindo um sal e água”! Supondo-se que o elemento químico hidrogênio possa ser representado por ●; o cloro por ○; o sódio por ⊖; o oxigênio por O, represente a equação química da reação entre o cloreto de hidrogênio (ácido clorídrico (HCl)) e o hidróxido de sódio (soda cáustica (NaOH)).

5) Que relação existe entre 1 mol de água e 1 mol de ferro?

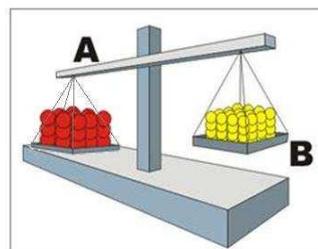
Item adaptado do estudo desenvolvido por GARCIA et al. (1990, apud SANTOS, 2013)

6) Ao comparar o número de átomos existente em 1g de carbono e o existente em 1g de sódio, o resultado será: igual, maior ou menor? (Dados: massa atômica de carbono: 12u, de sódio: 23u).

Item adaptado do estudo desenvolvido por GARCIA et al. (1990, apud SANTOS, 2013)

7) No desenho a seguir se tem representado nos pratos pequenos pedaços de diferentes substâncias e seus correspondentes átomos, para que compare a quantidade de substância existente nos dois pratos:

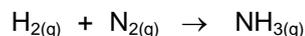
- a) A quantidade de substância é maior em A.
- b) A quantidade de substância é maior em B.
- c) A quantidade de substância é igual nos dois lados.
- d) Não sei.



Justifique sua resposta.

Item adaptado do estudo desenvolvido por FURIÓ, C. et al. (1999, apud SANTOS, 2013).

8) Dada a equação não-balanceada da síntese da amônia, na reação 5 mol do gás nitrogênio com 9 mol de gás hidrogênio, podemos afirmar que:



- a) O gás nitrogênio é o reagente em excesso.
- b) O gás hidrogênio é o reagente limitante.
- c) Não há reagente limitante, nem em excesso.
- d) Não sei.

Justifique sua resposta.

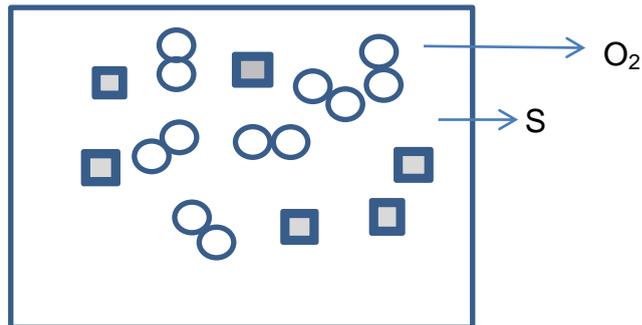
9) Uma reação de síntese da amônia, foi realizada com 56g de nitrogênio e 12g de hidrogênio, obtendo-se 68g do produto final. Quanto de nitrogênio e hidrogênio são necessários para produzir os mesmos 68g, considerando o rendimento da reação como sendo 50%?

ANEXO III

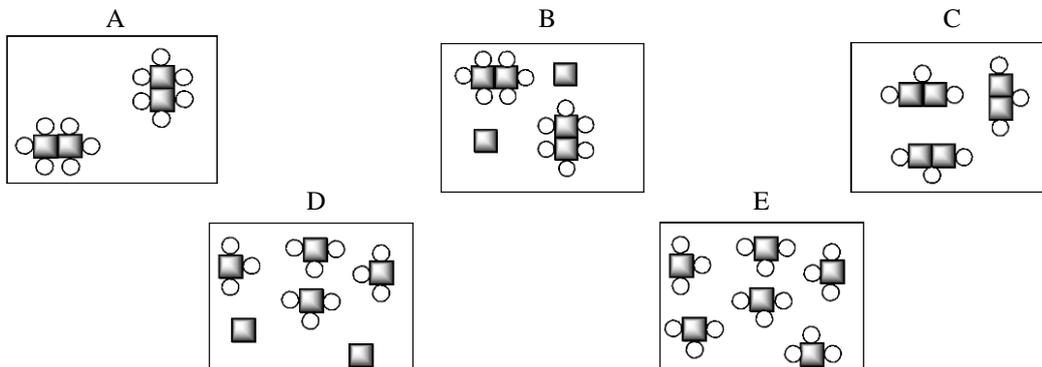
QUESTIONÁRIO FINAL DA PESQUISA-QFP

NOME DO CURSO _____

- 1) O seguinte diagrama mostra uma mistura de enxofre (S) e gás oxigênio (O₂), que se encontra em um recipiente fechado:

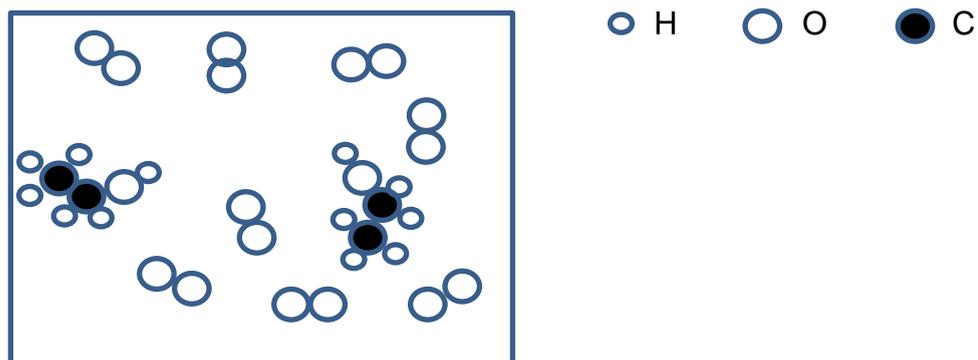


Indique qual dos diagramas abaixo, representa melhor o conteúdo do recipiente após a reação do enxofre com o gás oxigênio: $2 S + 3 O_2 \rightarrow 2 SO_3$



Item adaptado do estudo realizado por (Wood e Breyfogle de 2006; Mulford e Robinson 2002).

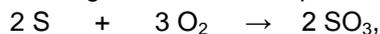
- 2) O seguinte diagrama mostra uma mistura de etanol (C₂H₅OH) e gás oxigênio (O₂), em um recipiente fechado. Faça um diagrama que represente o conteúdo do recipiente, logo após a reação da combustão completa do etanol:



Item adaptado do estudo realizado por (Wood e Breyfogle de 2006; Mulford e Robinson 2002)

- 3) De acordo com a equação química, balanceada: $2 \text{ S} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ SO}_3$, indique qual o reagente limitante quando são misturados 5,0 mols de enxofre com 6,0 mols de gás oxigênio e calcule a quantidade de matéria da substância que não reage.

- 4) Usando o recurso da modelagem molecular, represente a equação química da mistura:



quando são misturados 7,0 mols de enxofre com 9,0 mols de gás oxigênio e responda aos itens a seguir:

- Quantos mols de trióxido de enxofre são produzidos?
- Qual o reagente limitante?
- Qual a quantidade de matéria da substância em excesso que não reage?

OBS.: O item deve ser respondido usando as tampas de garrafas PET, definindo a cor que corresponderá a cada elemento químico a ser representado no exercício.

- 5) Fazendo uma comparação entre os itens “3” e “4”, registre suas considerações quanto à estratégia da modelagem molecular no ensino da estequiometria.

- 6) Em sua opinião, o uso das tampas coloridas de garrafas PET e do material em E.V.A.:

- Facilitou a resolução do problema.
- Dificultou a resolução do item.
- Não interferiu na resolução.

Justifique sua resposta.

- 7) Com relação aos conceitos de conservação da matéria, conservação das massas e reagente limitante, a modelagem:

- Dificultou a minha aprendizagem.
- Não interferiu em nada.
- Facilitou a minha aprendizagem

Justifique sua resposta.

ANEXO IV



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr (a) para participar da Pesquisa “Investigando as contribuições da contextualização e modelagem sob o enfoque simbólico-matemático no processo de ensino-aprendizagem da estequiometria”, sob a responsabilidade do pesquisador Carlos Eduardo Pereira Aguiar, do Instituto de Ciências Exatas-ICE, da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, telefone (92) 98408-2006, e-mail pereiraaguiarc@gmail.com, e orientação do Prof. Dr. Roberto Barbosa de Castilho, do Departamento de Química-DQ, da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, telefone (92) 3305-2872, e-mail bobcast@gmail.com, a qual pretende investigar se aplicação de estratégias alternativas como a contextualização e a modelagem podem contribuir com a superação das dificuldades de aprendizagem de conceitos químicos da estequiometria e na promoção da motivação e do interesse dos estudantes em estudar Química.

Sua participação é voluntária e se dará por meio de preenchimento de questionário pré e pós- atividades didáticas, resolução de exercícios contextualizados e modelagem molecular de fenômenos químicos, dos quais serão extraídos e registrados os dados, que após análise servirão de base para a produção científica que contemplem projetos, artigos e eventos que tratem de temas sobre dificuldades de aprendizagem, falta de motivação e interesse em estudar Química.

Os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa são exposição em público de suas dificuldades de aprendizagem referentes aos temas abordados, que poderão resultar em abalo psicológico, emocional, moral e intelectual. Caso haja a evidência de alguns destes riscos, haverá seu encaminhamento a serviço especializado de psicologia e psicopedagogia em instituições públicas de saúde ou, em não havendo na rede pública, poderá ser encaminhado a serviço de saúde da iniciativa privada, estando os custos sob a responsabilidade do pesquisador. Se você aceitar participar, estará contribuindo para com o desenvolvimento de estratégias metodológicas que poderão reverter em seu próprio benefício, como também de seus pares, no que concerne a minimizar as dificuldades de aprendizagem de conceitos químicos, além de se constituírem em ferramentas essenciais de promoção da motivação e de o interesse em estudar e compreender a Química.

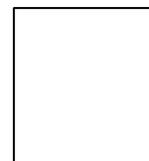
Se depois de consentir em sua participação o Sr (a) desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador no endereço Rua Santo Sudário, 106, bairro Lírio do Vale I, Manaus, AM, pelo telefone (92) 3214-2408, ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-5130.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Data: ___/___/___

Assinatura do participante



Impressão do dedo polegar
Caso não saiba assinar

Assinatura do Pesquisador Responsável

ANEXO V

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



UNIVERSIDADE FEDERAL DO
AMAZONAS - UFAM



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: INVESTIGANDO AS CONTRIBUIÇÕES DA CONTEXTUALIZAÇÃO E MODELAGEM SOB UM ENFOQUE SIMBÓLICO-MATEMÁTICO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA ESTEQUIOMETRIA

Pesquisador: Carlos Eduardo Pereira Aguiar

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 66449117.0.0000.5020

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.049.391

Apresentação do Projeto:

Protocolo em segunda submissão.

Objetivo da Pesquisa:

Mantido.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Mantido.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Mantido.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Termos de anuência - inseridos, atendendo ao parecer.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Protocolo em segunda submissão que atendeu as solicitações do parecer consubstanciado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Rua Teresina, 4950

Bairro: Adrianópolis

CEP: 69.057-070

UF: AM

Município: MANAUS

Telefone: (92)3305-5130

Fax: (92)3305-5130

E-mail: cep@ufam.edu.br



Continuação do Parecer: 2.049.391

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_878678.pdf	20/04/2017 11:26:13		Aceito
Outros	ORCAMENTO_PESQUISA.pdf	20/04/2017 11:25:13	Carlos Eduardo Pereira Aguiar	Aceito
Outros	ANUENCIA_ICE_GEOLOGIA.pdf	20/04/2017 11:22:53	Carlos Eduardo Pereira Aguiar	Aceito
Outros	ANUENCIA_FT_ENGENHARIA.pdf	20/04/2017 11:21:14	Carlos Eduardo Pereira Aguiar	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_UFAM.docx	18/04/2017 23:36:53	Carlos Eduardo Pereira Aguiar	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	CEP_PROJETO_DE_PESQUISA_PPG_ECIM.doc	18/04/2017 23:34:36	Carlos Eduardo Pereira Aguiar	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	18/04/2017 23:33:35	Carlos Eduardo Pereira Aguiar	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MANAUS, 06 de Maio de 2017

Assinado por:

**Eliana Maria Pereira da Fonseca
(Coordenador)**

Endereço: Rua Teresina, 4950

Bairro: Adrianópolis

CEP: 69.057-070

UF: AM

Município: MANAUS

Telefone: (92)3305-5130

Fax: (92)3305-5130

E-mail: cep@ufam.edu.br