

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**“Atividades experimentais investigativas como
contribuição ao desenvolvimento de modelos mentais
de conceitos químicos.”**

Gustavo Bizarria Gibin*

Tese apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do
título de DOUTOR EM
CIÊNCIAS, área de
concentração: QUÍMICA.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira

*** bolsista CNPq**

**São Carlos - SP
2013**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

G446ae Gibin, Gustavo Bizarria.
Atividades experimentais investigativas como contribuição
ao desenvolvimento de modelos mentais de conceitos
químicos / Gustavo Bizarria Gibin. -- São Carlos : UFSCar,
2013.
226 p.

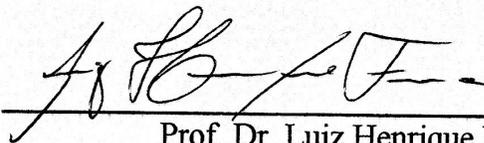
Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,
2013.

1. Química - estudo e ensino. 2. Experimentação. 3.
Atividades investigativas. 4. Modelos mentais. I. Título.

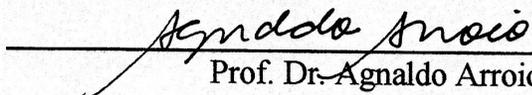
CDD: 540.7 (20^a)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Departamento de Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Curso de Doutorado

*Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de tese de doutorado do candidato **Gustavo Bizarria Gibin**, realizada em 22 de fevereiro de 2013:*



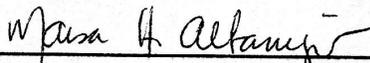
Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira



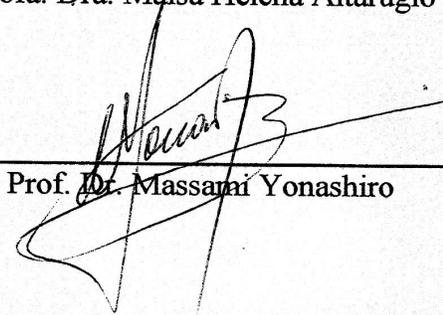
Prof. Dr. Agnaldo Arroio



Profa. Dra. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani



Profa. Dra. Maisa Helena Altarugio



Prof. Dr. Massarai Yonashiro

A minha mãe Ivonilde e ao meu pai Moacir e a minha irmã Érica,
por me apoiarem em todos os momentos.
A Grazielle, pelo carinho e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

- A minha família, que sempre me apoiou e incentivou nos estudos e em tudo o que faço.
- A Grazielle e a família, por todo carinho e companheirismo.
- A todos os amigos do grupo LENAQ – Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química, por criarem um ótimo ambiente de estudos.
- Ao Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira, pela orientação sempre competente e pela paciência.
- Aos profs. Dr. Agnaldo Arroio, Dra. Silvia Regina Zuliani, Dra. Maísa Helena Altarugio e Dr. Massami Yonashiro, membros da banca examinadora, pelas contribuições ao estudo, apresentadas na defesa da tese.
- Aos Profs. Dr. Paulo Sergio Bretones e Dr. Massami Yonashiro, pelas contribuições ao estudo, apresentadas no exame de qualificação.
- Aos Profs. Dr. Dácio Rodney Hartwig e Dr. Massami Yonashiro pelas contribuições ao estudo, apresentadas no Seminário.
- Ao CNPq, pelo apoio financeiro.
- Aos educadores Ana Paula, Rosângela, Lourival e Paulo, pela parceria na aplicação do projeto e pelo entusiasmo com a pesquisa, que foi fundamental na realização do trabalho.
- Aos coordenadores e diretores das escolas envolvidas no projeto, por abrirem as portas das escolas para nossa pesquisa.
- A todos os alunos e alunas, que colaboraram com esta pesquisa.
- Aos amigos Ricardo e Nayara, pelo auxílio durante a aplicação do minicurso e na coleta de dados referente a esta etapa.
- Ao serviço de referências da Biblioteca Comunitária da UFSCar, pela correção das referências do presente trabalho.
- A Deus, que sempre me dá forças para continuar.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – Porcentagem dos estudantes nos níveis de proficiência em Ciências avaliados pelo PISA 2009 (OECD, 2010).....	3
TABELA 1.2 – Porcentagem de estudantes por categoria de desempenho nas competências avaliadas pelo ENEM 2008 (INEP, 2009).....	5
TABELA 2.1 – Exemplos de concepções alternativas sobre conceitos químicos.	13
TABELA 2.2 – Níveis de investigação em uma atividade experimental investigativa (BORGES, A., 2002).....	32
TABELA 2.3 – Relações entre a abordagem experimental tradicional e a abordagem experimental investigativa (BORGES, A., 2002).	32
TABELA 3.1 – Cronograma da pesquisa desenvolvida durante o período letivo de 2011 em duas escolas da região de São Carlos – SP.	50
TABELA 3.2 – Cronograma do minicurso realizado durante o período de férias (início de 2012).....	53
TABELA 3.3 – Categorias de classificação sobre o rendimento dos estudantes ao longo do período letivo.	57
TABELA 4.1 – Rendimento dos alunos da turma A da escola “1” durante o ano letivo.	70
TABELA 4.2 – Rendimento dos alunos da turma B da escola “1” durante o ano letivo.	119
TABELA 4.3 – Rendimento dos alunos da turma C da escola “1” durante o ano letivo.	121
TABELA 4.4 – Rendimento dos alunos da turma D da escola “1” durante o ano letivo.	124
TABELA 4.5 – Rendimento dos alunos da turma E da escola “1” durante o ano letivo.	127
TABELA 4.6 – Rendimento dos alunos da turma F da escola “1” durante o ano letivo.	129
TABELA 4.7 – Rendimento dos alunos da turma G da escola “1” durante o ano letivo.	131
TABELA 4.8 – Rendimento dos alunos da turma H da escola “1” durante o ano letivo.	134
TABELA 4.9 – Rendimento dos alunos da turma A2 da escola “2” durante o ano letivo.	137
TABELA 4.10 – Rendimento dos alunos da turma B da escola “2” durante o ano letivo.	139
TABELA 4.11 – Rendimento dos alunos da turma C da Escola “2” durante o ano letivo.	141
TABELA 4.12 – Rendimento dos estudantes ao longo do ano letivo da Escola “1”	145
TABELA 4.13 – Rendimento dos estudantes ao longo do ano letivo da Escola “2”	147
TABELA 4.14 – Rendimento do total de estudantes ao longo do ano letivo das duas escolas.	149
TABELA 4.15 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre o motivo de gostar ou não das atividades experimentais.	151

TABELA 4.16 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a dificuldade das atividades experimentais investigativas.....	152
TABELA 4.17 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a contribuição das etapas das atividades experimentais investigativas para a aprendizagem.	153
TABELA 4.18 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre as características mais importantes adquiridas com a realização das atividades experimentais investigativas.....	154
TABELA 4.19 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a aprendizagem na ausência das atividades investigativas.	155
TABELA 4.20 – Opinião dos professores das duas escolas sobre as características importantes dos estudantes adquiridas com a realização das atividades experimentais investigativas.....	159
TABELA 4.21 – Rendimento dos estudantes da Escola “1” no minicurso.....	162
TABELA 4.22 – Rendimento dos estudantes da Escola “2” no minicurso.....	173
TABELA 4.23 – Comparação do rendimento dos participantes do minicurso da Escola “1” em dois momentos: durante o ano letivo (AL) e o minicurso (MC).175	
TABELA 4.24 – Comparação do rendimento dos participantes do minicurso da Escola “2” em dois momentos: durante o ano letivo (AL) e o minicurso (MC).176	
TABELA 4.25 – Comparação do rendimento dos participantes do minicurso das duas escolas em dois momentos: durante o ano letivo (AL) e o minicurso (MC).	178
TABELA 4.26 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a dificuldade das atividades experimentais investigativas realizadas durante o minicurso.	179
TABELA 4.27 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a contribuição das etapas das atividades experimentais investigativas para a aprendizagem durante o minicurso.	180
TABELA 4.28 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a característica mais importante adquirida durante o minicurso.....	180

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Representação do processo de assimilação (MOREIRA, 2006).	16
FIGURA 2.2 – Representação dos processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa (MOREIRA, 1998).	17
FIGURA 2.3 – Exemplos dos níveis de representação do conhecimento químico.	19
FIGURA 2.4 – Relações entre os níveis de representação do conhecimento químico e a elaboração de modelos mentais sobre conceitos/fenômenos químicos.	21
FIGURA 2.5 – Relações entre experimentos, trabalho de laboratório e trabalho prático. (HODSON, 1988).	23
FIGURA 3.1 – Síntese do uso dos referenciais teóricos empregados na análise dos dados.	55
FIGURA 4.1 – Questão sobre transformação física presente no questionário inicial.	61
FIGURA 4.2 – Questão sobre transformação química presente no questionário inicial.	62
FIGURA 4.3 – Questão sobre transformação física presente no questionário inicial.	62
FIGURA 4.4 – Questão sobre transformação química presente no questionário inicial.	63
FIGURA 4.5 – Questão sobre transformação biológica presente no questionário inicial.	64
FIGURA 4.6 – Questão sobre transformação biológica presente no questionário inicial.	65
FIGURA 4.7 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.	65
FIGURA 4.8 – Questão sobre representações submicroscópicas e macroscópicas de fenômenos presente no questionário inicial.	66
FIGURA 4.9 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.	67
FIGURA 4.10 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.	67
FIGURA 4.11 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.	68
FIGURA 4.12 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.	68
FIGURA 4.13 – Representação do sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético apontado pelo Aluno 2 (Atividade 1).	78
FIGURA 4.14 – Representação do sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético apontado pelo Aluno 2 (Filmagem sobre a atividade 1).	79
FIGURA 4.15 – Representação do sistema que contém hidróxido de cálcio e sulfato de zinco apontado pelo Aluno 2 (Atividade 4).	79
FIGURA 4.16 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pelo Aluno 2 (Atividade 6).	80
FIGURA 4.17 – Representação do sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético apontado pela Aluna 6 (Atividade 1).	80

FIGURA 4.18 – Representação dos sistemas que contêm (a) álcool e gás oxigênio e (b) querosene e gás oxigênio apontados pela Aluna 6 (Atividade 3).	81
FIGURA 4.19 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pela Aluna 6 (Atividade 6).	81
FIGURA 4.20 – Representação do sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético apontado pelo Aluno 30 (Atividade 1).....	82
FIGURA 4.21 – Representação do sistema que contém hidróxido de cálcio de sulfato de zinco apontado pelo Aluno 30 (Atividade 4).....	83
FIGURA 4.22 – Representação do sistema que contém hidróxido de cálcio de sulfato de zinco apontado pelo Aluno 30 (Filmagem da atividade 4).	83
FIGURA 4.23 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pelo Aluno 30 (Atividade 6).	84
FIGURA 4.24 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pelo Aluno 30 (Filmagem da Atividade 6).....	84
FIGURA 4.25 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pelo Aluno 30 (Atividade 1).	85
FIGURA 4.26 – Representação do sistema que contém hidróxido de zinco e sulfato de cálcio apontado pelo Aluno 30 (Atividade 4).....	86
FIGURA 4.27 – Representação do sistema que contém hidróxido de zinco e sulfato de cálcio apontado pelo Aluno 30 (Filmagem da atividade 4).....	86
FIGURA 4.28 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pelo Aluno 30 (Atividade 6).	87
FIGURA 4.29 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pela Aluna 17 (Atividade 1).	87
FIGURA 4.30 – Representação dos sistemas que contêm os produtos: (a) gás carbônico e água e (b) monóxido de carbono e água apontados pela Aluna 17 (Atividade 3).	88
FIGURA 4.31 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pela Aluna 17 (Atividade 6).	88
FIGURA 4.32 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pelo Aluno 2 (Atividade 1).....	89
FIGURA 4.33 – Representação do sistema que contém hidróxido de zinco e sulfato de cálcio apontado pelo Aluno 2 (Atividade 4).....	89
FIGURA 4.34 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pelo Aluno 2 (Atividade 6).	90
FIGURA 4.35 – Legenda das representações submicroscópicas (referente à atividade 3).....	90
FIGURA 4.36 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pelo Aluno 39 (Atividade 1).	91
FIGURA 4.37 – Representação do sistema que contém hidróxido de zinco e sulfato de cálcio apontado pelo Aluno 39 (Atividade 4).....	91
FIGURA 4.38 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pelo Aluno 39 (Atividade 6).	92
FIGURA 4.39 – Questão sobre estequiometria (Atividade 1).....	106
FIGURA 4.40 – Questão sobre estequiometria (Atividade 3).....	106
FIGURA 4.41 – Questão sobre estequiometria (Atividade 5).....	106
FIGURA 4.42 – Questão sobre estequiometria (Atividade 4).....	107
FIGURA 4.43 – Questão sobre estequiometria (Atividade 6).....	107
FIGURA 4.44 – Questão sobre o procedimento experimental (Atividade 5). .	110

FIGURA 4.45 – Representações do sistema que contém ferro e gás oxigênio apontados pelos grupos de estudantes (Atividade 2).....	111
FIGURA 4.46 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pelos grupos de estudantes (Atividade 6).	112
FIGURA 4.47 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pelos grupos de estudantes (Atividade 1).....	112
FIGURA 4.48 – Representações do sistema que contém gás carbônico e água apontados pelos grupos de estudantes (Atividade 6).....	113
FIGURA 4.49 – Questão sobre evidências de reação química (Atividade 5). 114	
FIGURA 4.50 – Questão sobre Lei de Proust (Atividade 5).	116
FIGURA 4.51 – Questão sobre estequiometria (Atividade 5).....	117
FIGURA 4.52 – Desempenhos dos estudantes da Escola “1” no questionário inicial.	143
FIGURA 4.53 – Desempenhos dos estudantes da Escola “2” no questionário inicial.	146
FIGURA 4.54 – Desempenhos dos estudantes das duas escolas no questionário inicial.....	148
FIGURA 4.55 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pela Aluna 5 (Atividade 1 do minicurso).	164
FIGURA 4.56 – Representação do sistema que contém gás hidrogênio e acetato de magnésio apontado pela Aluna 5 (Atividade 3 do minicurso).	164
FIGURA 4.57 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pela Aluna 5 (Atividade 5 do minicurso).	165
FIGURA 4.58 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pela Aluna 3 (Atividade 1 do minicurso).	166
FIGURA 4.59 – Representação do sistema que contém gás hidrogênio e acetato de magnésio apontado pela Aluna 3 (Atividade 3 do minicurso).	166
FIGURA 4.60 – Representação do sistema que contém parafina e gás oxigênio apontado pela Aluna 4 (Atividade 1 do minicurso).	168
FIGURA 4.61 – Representação do sistema que contém magnésio e ácido acético apontado pela Aluna 4 (Atividade 3 do minicurso).....	168
FIGURA 4.62 – Representação do sistema que contém óleo de castanha e gás oxigênio apontado pela Aluna 4 (Atividade 5 do minicurso).....	169
FIGURA 4.63 – Representação do sistema que contém gás hidrogênio e acetato de magnésio apontado pelos grupos de estudantes (Atividade 1 do minicurso).....	171
FIGURA 5.1 – Representação dos sistemas que contêm (Atividade 1) vinagre e bicarbonato de sódio; (Atividade 2) ferro e gás carbônico; (Atividade 3a) álcool e gás carbônico; (Atividade 3b) querosene e gás oxigênio; (Atividades 4 e 5) sulfato de zinco e hidróxido de cálcio e (Atividade 6) óleo de amendoim e gás oxigênio do Aluno 2 da turma A da Escola 1.....	184

RESUMO

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS COMO CONTRIBUIÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS MENTAIS DE CONCEITOS QUÍMICOS.

Neste estudo foi investigada, no período de um ano letivo e por meio do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas, a evolução dos modelos mentais de estudantes da primeira série do Ensino Médio referentes a diferentes conceitos químicos. A pesquisa foi desenvolvida em duas escolas públicas da região de São Carlos-SP e contou com a participação de 04 professores e 444 estudantes distribuídos em 11 turmas. A metodologia para a coleta de dados foi dividida em duas etapas. Na primeira, aplicada ao longo do ano letivo de 2011, os estudantes realizaram atividades experimentais investigativas e tiveram seus modelos mentais acompanhados por meio de atividades escritas individuais e em grupos, assim como entrevistas e filmagens. Ressalta-se que as atividades foram elaboradas a partir da Proposta Curricular adotada pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo e abrangeram os seguintes conceitos químicos: proposta de procedimento experimental, representação submicroscópica de reagentes e produtos, evidências de reações químicas, Lei de Lavoisier, conceitos de reagentes e produtos, Lei de Proust e estequiometria. Na segunda etapa da coleta de dados, os estudantes participaram de um minicurso realizado nas dependências do Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química (LENAQ) no qual a metodologia empregada foi a mesma da primeira etapa. Em relação ao rendimento dos estudantes ao longo do ano letivo, constatou-se que um terço destes apresentou oscilação em seus modelos mentais, seguido pelo desempenho de evolução com 27,8%, regressão com 24,5% e constante com 13,5%. Desse modo, se pode inferir que, embora os estudantes tenham apresentado dificuldades na elaboração de modelos mentais em determinados momentos, a abordagem investigativa contribuiu para o desenvolvimento dos mesmos em relação a diferentes conceitos químicos. Cabe salientar que houve evolução para parte expressiva dos estudantes sobre a elaboração de procedimentos experimentais. Por fim, no minicurso houve melhorias nos rendimentos constantes e de evolução em relação ao ano letivo.

ABSTRACT

EXPERIMENTAL INQUIRY ACTIVITIES AS CONTRIBUTION FOR THE DEVELOPMENT OF MENTAL MODELS OF CHEMICAL CONCEPTS.

In this study, during the school year, the evolution of mental models from first grade high school students about different chemical concepts was investigated by the use of experimental inquiry activities. The research was conducted in two public schools in the region of São Carlos-SP, with the participation of 04 teachers and 444 students divided into 11 classrooms. The methodology for data collection was divided into two steps. First, students performed experimental inquiry activities and were assessed through written individual and group activities, being also interviewed and filmed. These activities and interviews were useful for monitoring their mental models. It should be pointed out that the activities were developed based on the Curriculum Proposed by the Secretariat of Education of the State of São Paulo and the following chemical concepts were included: proposal for experimental procedure, submicroscopic representation of reactants and products, evidence of chemical reactions, Lavoisier's Law, concepts of reactants and products, Proust's Law and stoichiometry. In the second step of data collection, a short course was performed on the Laboratory for Chemistry Teaching and Learning (LENAQ). In this course the methodology used was the same as in the first step. Regarding the student's performance in the first step, it was observed that one third of the subjects showed oscillation in their mental models, 27.8% showed evolution of performance, 24.5% presented regression and 13.5% showed a constant performance. Thus, it can be inferred that although in some moments students showed evidence of difficulties in the development of mental models, the inquiry approach contributed to the development of the different chemical concepts. It should be emphasized that it was observed an evolution of a significant number of students regarding the development of experimental procedures. Finally, in the short course, improvements were observed in the constant and evolution performances in comparison to the school year.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – UM BREVE PANORAMA DA APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NO BRASIL E NO MUNDO....	1
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	7
2.1 – MODELOS EM CIÊNCIAS E NO ENSINO DE CIÊNCIAS	7
2.2 – TEORIA DOS MODELOS MENTAIS DE JOHNSON-LAIRD.....	8
2.3 - MODELOS MENTAIS E CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS.....	12
2.4 - APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MODELOS MENTAIS	14
2.5 - MODELOS MENTAIS SOBRE CONCEITOS QUÍMICOS	18
2.6 – PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA	22
2.7 – ATIVIDADES EXPERIMENTAIS COM ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA.....	25
2.8 – POTENCIAL PEDAGÓGICO DO ERRO	33
CAPÍTULO 3 - QUESTÕES DE PESQUISA E METODOLOGIA	37
3.1 - QUESTÕES DE PESQUISA	37
3.2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	38
3.2.1 – Descrição das etapas para a coleta de dados	39
3.2.1 – Descrição das escolas e dos professores.....	40
3.2.1.1 – Escola “1”	40
3.2.1.2. – Escola “2”	41
3.2.2 - Procedimentos para coleta dos dados	42
3.2.2.1 – Planejamento das atividades	42
3.2.2.2 – Questionário inicial	44
3.2.2.3 – Realização das atividades preparatórias	44
3.2.2.4 – Realização das atividades investigativas.....	45
3.2.2.5 – Entrevistas.....	47
3.2.2.6 – Filmagens.....	48
3.2.2.7 – Diário de campo	49
3.2.2.8 – Avaliação do projeto	49
3.2.2.9 – Coleta de dados durante o minicurso	52
3.2.3 - Análise dos dados.....	54
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 – CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE DOS DADOS	59
4.2 – RENDIMENTO DAS TURMAS DA ESCOLA “1”	60
4.2.1 – Turma A	60
4.2.1.1 – Questionário inicial	60
4.2.1.2 – Atividades ao longo do período letivo	69
4.2.1.3 – Procedimentos experimentais propostos pelos estudantes.....	70
4.2.1.4 – Representação submicroscópica dos reagentes do sistema.....	77
4.2.1.5 – Representação submicroscópica dos produtos do sistema.....	85
4.2.1.6 – Evidências de reações químicas.....	92
4.2.1.7 – Energia	94
4.2.1.8 – Lei de Lavoisier	97
4.2.1.9 – Reagentes do sistema	99
4.2.1.10 – Produtos do sistema	101
4.2.1.11 – Lei de Proust	103
4.2.1.12 – Estequiometria.....	105

4.2.1.13 – Atividades em grupo	108
4.2.2 – Turma B	117
4.2.3 – Turma C	120
4.2.4 – Turma D	123
4.2.5 – Turma E	126
4.2.6 – Turma F	128
4.2.7 – Turma G	131
4.2.8 – Turma H	133
4.3 – RENDIMENTO DAS TURMAS DA ESCOLA “2”	135
4.3.1 – Turma A	136
4.3.2 – Turma B	138
4.3.3 – Turma C	140
4.4 – RENDIMENTO GERAL DA ESCOLA “1”	143
4.5 – RENDIMENTO GERAL DA ESCOLA “2”	145
4.6 – RENDIMENTO GERAL DAS DUAS ESCOLAS	148
4.7 – AVALIAÇÃO DO PROJETO	150
4.7.1 – Avaliação realizada pelos estudantes	150
4.7.2 – Avaliação realizada pelos professores	156
4.8 – RENDIMENTO DAS TURMAS DURANTE O MINICURSO	160
4.8.1 – Rendimento dos estudantes da Escola “1”	160
4.8.2 – Rendimento dos estudantes da Escola “2”	172
4.8.3 – Rendimento dos estudantes no ano letivo e no minicurso	175
4.8.4 – Avaliação realizada pelos estudantes	179
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	183
5.1 - CONCLUSÕES	183
5.2 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	188
REFERÊNCIAS	190
APÊNDICES	197
APÊNDICE 1 – Experimentos tradicionais geradores de investigações a serem realizadas no período letivo.	
APÊNDICE 2 – Questionário inicial.	
APÊNDICE 3 – Atividades experimentais preparatórias para as atividades experimentais investigativas.	
APÊNDICE 4 – Atividades experimentais investigativas aplicadas no período letivo.	
APÊNDICE 5 – Guias de entrevista com os estudantes e professores.	
APÊNDICE 6 – Questionário de avaliação do projeto pelos estudantes.	
APÊNDICE 7 – Experimentos tradicionais geradores e atividades experimentais investigativas realizadas durante o minicurso.	
APÊNDICE 8 – Questionário de avaliação do minicurso pelos estudantes.	

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

“Não há vida sem correção, sem retificação”.
(Paulo Freire)

O Capítulo 1 foi estruturado com o objetivo de contextualizar a presente pesquisa. Dessa maneira, inicialmente é apresentado um breve panorama sobre a aprendizagem de Ciências no Brasil, por meio das avaliações do PISA e do ENEM, concluindo com a apresentação de algumas contribuições para o ensino de Ciências no Brasil.

1.1 – Um breve panorama da aprendizagem de Ciências no Brasil e no mundo

Os estudantes no Brasil apresentam muitas dificuldades de aprendizagem em Ciências e em Química. Assim, é importante observar o panorama mundial em que nosso país se insere, no quesito aprendizagem de conceitos científicos. Dessa forma, o PISA (Programme for International Student Assessment – Programa Internacional para a Avaliação de Alunos) é uma avaliação que compara o rendimento de estudantes de vários países e que pode contribuir para a compreensão do desempenho de estudantes brasileiros, frente a colegas de outras nações. O PISA consiste em uma avaliação realizada pela OECD (Organization for Economic Co-operation and Development – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), uma entidade dos países industrializados, que tem por objetivo promover o desenvolvimento dos países associados. Trata-se de uma avaliação comparativa em nível internacional, focada nas áreas de Matemática, Ciências e Leitura. A prova é realizada a cada três anos e os participantes têm, em média, 15 anos de idade. Assim, o objetivo do PISA é avaliar os conhecimentos desses estudantes de forma integrada, apresentando situações familiares e complexas, de modo que eles sejam capazes de refletir sobre seus conhecimentos e aplicá-los à realidade.

Na avaliação PISA, foram propostos seis níveis de proficiência em Ciências. No nível 0, os estudantes, aparentemente, não possuem as competências mínimas para a realização das mais simples tarefas propostas. No nível 1, os estudantes demonstram um conhecimento científico muito limitado, que conseguem aplicar a poucas situações familiares. No nível 2, os alunos possuem conhecimentos científicos suficientes para propor explicações sobre situações familiares e tirar conclusões em investigações simples. No nível 3, selecionam fatos e conceitos científicos para explicar fenômenos e podem aplicar estratégias simples de pesquisa. No nível 4, já conseguem integrar explicações de diversas disciplinas científicas e relacioná-las com aspectos do dia a dia e, além disso, podem tomar decisões recorrendo a conhecimentos científicos. No nível 5, conseguem comparar, selecionar e avaliar de forma adequada evidências científicas, para resolver uma situação complexa da vida real. Também conseguem utilizar, de forma correta, capacidades de pesquisar, de relacionar conhecimentos e criticar situações reais, com base em conhecimentos científicos. No nível 6, encontram-se aptos a identificar, explicar e aplicar conhecimentos científicos em diferentes situações complexas do cotidiano. Conseguem relacionar evidências de diferentes fontes para explicar um dado fenômeno ou justificar uma decisão. Também demonstram raciocínio científico avançado na procura de soluções para situações científicas novas (WAISELFISZ, 2009). Na tabela 1.1 são apresentados os níveis de proficiência em Ciências atingidos por estudantes de vários países.

TABELA 1.1 – Porcentagem dos estudantes nos níveis de proficiência em Ciências avaliados pelo PISA 2009 (OECD, 2010).

País/Nível (%)	0	1	2	3	4	5	6
Xangai – China	0,4	2,8	10,5	26,0	36,1	20,4	3,9
Coréia	1,1	5,2	18,5	33,1	30,4	10,5	1,1
Austrália	3,4	9,2	20,0	28,4	24,5	11,5	3,1
Nova Zelândia	4,0	9,4	18,1	25,8	25,1	14,0	3,6
Média	2,2	6,7	16,8	28,3	29,0	14,1	2,9
Espanha	4,6	13,6	27,9	32,3	17,6	3,7	0,2
Irlanda	4,4	10,7	23,3	29,9	22,9	7,5	1,2
Portugal	3,0	13,5	28,9	32,3	18,1	3,9	0,3
Média	4,0	12,6	26,7	31,5	19,5	5,0	0,6
Brasil	19,7	34,5	28,8	12,6	3,9	0,6	0,0
Chile	8,4	23,9	35,2	23,6	7,9	1,1	0,0
Argentina	25,2	27,2	26,7	15,4	4,8	0,6	0,0
Colômbia	20,4	33,7	30,2	13,1	2,5	0,1	0,0
México	14,5	32,8	33,6	15,8	3,1	0,2	0,0
Uruguai	17,0	25,6	29,3	19,5	7,1	1,4	0,1
Média	17,5	29,6	30,6	16,7	4,9	0,7	0,0
Média OCDE	5,0	13,0	24,4	28,6	20,6	7,4	1,1

Assim, é possível observar que, nesta avaliação, o Brasil apresenta um desempenho próximo aos dos países latino-americanos, muito semelhante ao da Colômbia. O Chile apresentou o melhor desempenho em relação aos países latino-americanos. Entretanto, de forma geral, observando os níveis 5 e 6 de proficiência, houve uma quantidade muito pequena de estudantes para esses países. Além disso, observa-se uma quantia elevada de estudantes em nível 0 e 1 no Brasil, com 19,7% e 34,5%, respectivamente. Os países latino-americanos apresentaram porcentagens de proficiência inferiores às médias da OECD nos níveis de proficiência mais avançados. Assim, os estudantes brasileiros e os da América Latina em geral, apresentaram grandes dificuldades em relação à aprendizagem de Ciências.

Os países europeus, representados pela Espanha, Irlanda e Portugal, apresentaram quantias menores de estudantes que possuem níveis 0 e 1 de proficiência em Ciências, em relação à América Latina. Também apresentaram quantias pequenas de estudantes com nível 5 e 6; entretanto, mesmo assim são maiores do que as dos países da América Latina. Comparando as médias desses países, elas ficam muito próximas da média da OECD.

Os países da Oceania (Austrália e Nova Zelândia) e a China (Xangai) apresentaram porcentagens de proficiência em Ciência superiores às médias da OECD. As porcentagens de alunos de nível 0 e 1 desses países foram menores do

que as dos países da Europa e, além disso, as porcentagens de nível 5 e 6 foram as maiores detectadas pela avaliação.

Dessa forma, diante de um panorama mundial, o Brasil apresenta dificuldades na aprendizagem de Ciências. O PISA avalia estudantes com 15 anos de idade e dessa forma, são jovens que estão concluindo o Ensino Fundamental ou iniciando o Ensino Médio.

No Ensino Médio do Brasil, os estudantes também encontram dificuldades de aprendizagem de Ciências. No Brasil, o ENEM avalia os estudantes de Ensino Médio de acordo com o desenvolvimento de competências e habilidades. O ENEM foi realizado de 1998 a 2008 e, em 2009, teve seus parâmetros de avaliação reformulados. A edição de 2008 é a mais recente, cujos dados foram apresentados pelo INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais).

Embora estes indicadores (PISA e ENEM) sejam vistos com restrição por muitos pesquisadores, neste trabalho os resultados são utilizados com o único objetivo de situar o ensino de Ciências praticado no Brasil e no cenário internacional. Assim, os dados aqui apresentados não serão utilizados em nenhuma análise.

Assim, de acordo com o INEP (BRASIL, 2000) foram elaboradas cinco competências em que os estudantes seriam avaliados no ENEM. Na competência I, o estudante é avaliado em relação ao domínio da norma culta da língua portuguesa e ao uso das linguagens matemáticas, artística e científica. Na competência II, a avaliação é realizada sobre a construção e aplicação de conceitos de várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, sobre a produção tecnológica e sobre processos históricos e manifestações artísticas. A competência III é relacionada com a tomada de decisões em face de situações-problema e avalia a seleção, organização, relação e interpretação de dados e informações representados de diferentes formas. A competência IV avalia a relação entre informações e conhecimentos em situações concretas para a construção de uma argumentação consistente. Por fim, na competência V, são avaliados os conhecimentos desenvolvidos para a elaboração de propostas de intervenção na sociedade.

Portanto, as categorias de desempenho dos estudantes nas competências consistem em: insuficiente a regular, com notas de 0 a 40 de uma nota total de 100; regular a bom, com notas maiores que 40 até 70 e, por fim, de

bom a excelente, com notas maiores que 70 até 100. As porcentagens de estudantes distribuídas pelas categorias são apresentadas na tabela a seguir:

TABELA 1.2 – Porcentagem de estudantes por categoria de desempenho nas competências avaliadas pelo ENEM 2008 (INEP, 2009).

Competências/ Desempenho (%)	Insuficiente a regular	Regular a bom	Bom a excelente
Competência I	52,8	42,5	4,7
Competência II	50,5	42,8	6,7
Competência III	45,7	47,4	6,9
Competência IV	57,8	38,5	3,7
Competência V	57,6	37,3	5,1
Geral	53,5	41,5	5,1

Observando a tabela, pode-se notar que os estudantes apresentaram dificuldades em todas as competências, com porcentagens elevadas de desempenhos de insuficiente a bom em todas as competências, com média de 53,3%. Além disso, observa-se baixa porcentagem de desempenho bom a excelente para todas as competências, com média de 5,1%. Dessa forma, o panorama geral de aprendizagem no Ensino Médio no Brasil, inclusive a aprendizagem de Ciências, apresenta muitas dificuldades e existe uma enorme necessidade de melhorias.

Assim, ROITMAN (2009) defende que para a melhoria de qualidade da educação científica, é imprescindível que ocorram:

1. Formação de professores para o ensino de Ciências com capacidade de atualização permanente;
2. Alterações profundas nas metodologias pedagógicas e criação de instrumentos pedagógicos de forma dinâmica;
3. Condições apropriadas para a execução dos projetos pedagógicos;
4. Reconhecimento social dos professores com progressão de carreira, baseada em indicadores de mérito.

O desenvolvimento desses quesitos depende necessariamente do desenvolvimento de uma política de Estado e de ações para longo prazo. Por fim, é importante salientar que, para uma melhoria no quadro do ensino de Ciências e de Química no país, é preciso haver uma aproximação entre a universidade e as escolas públicas, no sentido de proporcionar melhorias na formação inicial e

continuada de professores, além de ampliar as pesquisas em ensino de Ciências. Assim, para que exista um foco de melhoria da aprendizagem dos estudantes, este trabalho propõe duas possibilidades de contribuições para a aprendizagem, que são: estabelecer a prioridade no estudo do que os alunos compreendem sobre os conceitos químicos, ou seja, sobre os modelos mentais que os estudantes elaboram durante as aulas e outra contribuição pode ser o emprego de uma metodologia de ensino diferenciada, nesse caso a abordagem experimental investigativa, em que os estudantes elaboram hipóteses e propõem procedimentos experimentais para a resolução de um problema.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAIS TEÓRICOS

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

Neste capítulo, são apresentados os referenciais teóricos utilizados na pesquisa, com destaque para o referencial teórico principal da teoria de modelos mentais de JOHNSON-LAIRD (1983). Inicialmente, tem-se o conceito de modelo em Ciências e no ensino de Ciências. Em seguida, é abordado o conceito modelos mentais sobre conceitos químicos e sua relação com a teoria de aprendizagem significativa de AUSUBEL (1980). Por fim, são discutidos o papel da experimentação no ensino de Química e a abordagem experimental investigativa.

2.1 – Modelos em ciências e no ensino de Ciências

Os modelos possuem um papel central nas Ciências. FERREIRA e JUSTI (2008) apontam que eles estão no centro de qualquer teoria, são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir o conhecimento e, além disso, também consistem em um dos principais produtos elaborados pela Ciência.

KUHN (2007) aponta que os modelos auxiliam na determinação do que é aceito como explicação para um fenômeno ou a solução de um quebra-cabeça em uma teoria. Além disso, ajudam a determinar qual é a lista de quebra-cabeças não solucionados por uma teoria e a avaliar a importância de cada um deles.

De acordo com FERREIRA e JUSTI (2008), um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, evento, processo ou ideia, que possui objetivos específicos como facilitar a visualização; fundamentar a elaboração e o teste de novas ideias; possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre o comportamento e as propriedades de um sistema em estudo. Portanto, um modelo é uma forma de representação da realidade, produzido por meio das interpretações pessoais entre o cientista e o sistema estudado.

O uso de modelos é importante para a construção da Ciência e, além disso, é parte integrante do processo de aquisição de conhecimento pelo ser

humano. O processo de elaboração de uma explicação para um fenômeno é semelhante à dos cientistas em relação aos leigos, mesmo que com graus de complexidade e rigor diferentes. Modelos são criados e utilizados tanto por cientistas quanto por leigos, com a finalidade de explicar fenômenos e sistemas de interesse.

Assim, é importante utilizá-los também para o ensino de Ciências. FRANCISCO JUNIOR (2010) aponta que o termo modelo apresenta um amplo espectro de significados na educação em Ciências. KRAPAS et al. (1997) realizaram uma pesquisa na literatura para delimitar os significados sobre o termo modelo no ensino de Ciências. GILBERT e BOULTER (1998), citados por KRAPAS et al. (1997) apontam alguns tipos de modelos presentes no ensino de Ciências:

O modelo mental (uma representação pessoal, privada de um alvo), o modelo expresso (aquela versão de um modelo mental que é expressa por um indivíduo através da ação, fala ou escrita), o modelo consensual (um modelo expresso que foi submetido a teste por um grupo social, por exemplo a comunidade científica, e que é visto, pelo menos por alguns, como tendo mérito), e o modelo pedagógico (um modelo especialmente construído para auxiliar na compreensão de um modelo consensual). (GILBERT e BOULTER, 1998)

Assim, um modelo mental, como apresentado por GILBERT e BOULTER (1998) consiste em uma estrutura mental, utilizada no processo de compreensão de conceitos ou fenômenos. E, dessa forma, apesar de existirem vários significados para o termo modelos em ensino de Ciências, o foco desta pesquisa será na avaliação dos modelos mentais dos estudantes sobre conceitos químicos.

2.2 – Teoria dos modelos mentais de JOHNSON-LAIRD

A teoria de JOHNSON-LAIRD (1983) assume a existência de três grandes tipos de representação interna, ou seja, em relação aos processos mentais: representações proposicionais, imagens e modelos mentais. Segundo o autor: *“Representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são visualizações de modelos sob um determinado ponto de vista”*.

Ainda de acordo com essa teoria, diferentemente das representações proposicionais, os modelos mentais não têm uma estrutura sintática definida, mas sim uma estrutura que é correspondente ao estado de coisas do mundo que eles representam. Portanto, os modelos mentais são análogos estruturais de estados de coisas do mundo, elaborados pela pessoa, de acordo com o seu conhecimento sobre o assunto.

A teoria também afirma que a linguagem mental mapeia uma representação proposicional em termos de modelos mentais, ou seja, *“representações proposicionais são interpretadas com respeito aos modelos mentais”* (JOHNSON-LAIRD, 1983). As representações proposicionais podem ser consideradas como formas de “entrada”, e que propiciam a construção do modelo mental. Os modelos mentais, assim como as imagens, são altamente específicos e essa característica os diferencia das representações proposicionais.

Ainda segundo a teoria, as imagens são formas de visualização dos modelos mentais. GRECA e MOREIRA (2002) afirmam que a *“imagem se converteria no foco onde o sujeito se concentraria para analisar as propriedades particulares dos objetos ou situações reais ou imaginárias”*. Por isso, as imagens têm um papel fundamental na investigação sobre modelos mentais, principalmente no ensino de Ciências e de Química.

Existem várias definições sobre o conceito de modelo mental, e concordamos com a afirmação de MOREIRA (1996), quando diz que a definição mais abrangente é a apresentada por JOHNSON-LAIRD (1983). Sua teoria foi um marco para a psicologia cognitiva, tendo sido amplamente utilizada como referencial teórico neste trabalho de pesquisa.

JOHNSON-LAIRD (1983) assinala que modelos mentais são formas de representações internas de informações ou conceitos que correspondem a determinados eventos. De acordo com BORGES (1997), os *“modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem”*. Portanto, pode-se considerar que, na compreensão de conceitos químicos, os modelos mentais são as estruturas cognitivas internas das pessoas que correspondem aos fenômenos químicos em estudo.

Em resumo, os modelos mentais desempenham um papel central na representação de objetos, estados de coisas, sequências de eventos; permitem

fazer inferências e predições, entender fenômenos e relacionar palavras com o mundo, por meio da concepção e percepção.

Não existe apenas um único modelo mental que representa determinadas informações e conceitos; podem existir inúmeros deles e, além disso, podem existir vários modelos mentais que representem as informações ou os conceitos de um modo ótimo (JOHNSON-LAIRD, 1983). Por exemplo, em uma sala de aula podem-se encontrar inúmeros e diferentes modelos mentais inadequados sobre a estrutura do átomo; entretanto, é possível encontrar também modelos mentais adequados distintos, sobre esse mesmo conceito.

NORMAN (1983) apresenta uma importante contribuição à teoria, ao afirmar que os modelos mentais apresentam as seguintes características gerais:

- São **incompletos**, ou seja, as pessoas apresentam dificuldades para elaborar modelos mentais que apresentem todos os elementos (*tokens*) necessários;
- A habilidade das pessoas em “rodar” seus modelos mentais é muito **limitada** e depende de seu conhecimento sobre o assunto;
- São **instáveis**: as pessoas esquecem detalhes do modelo, particularmente quando os modelos não são utilizados durante certo período de tempo;
- **Não têm fronteiras bem definidas**: operações e conceitos similares são confundidos uns com os outros;
- São **“não científicos”**: as pessoas mantêm padrões de comportamento “supersticiosos”, mesmo quando sabem que não são necessários; assim, os modelos mentais de uma pessoa refletem suas crenças sobre o sistema em estudo;
- São **parcimoniosos**: os modelos elaborados muitas vezes apresentam uma reduzida complexidade mental.

Portanto, em pesquisas sobre modelos mentais, não se deve esperar que estudantes apresentem representações elegantes e precisas, pois, provavelmente, serão confusas e incompletas.

Ainda de acordo com NORMAN (1983), os modelos mentais estão em constante evolução. As pessoas formulam modelos mentais de um sistema por meio da interação com o sistema estudado. Os modelos mentais não necessitam ser

precisos, mas devem ser funcionais. Segundo esse autor, a eficácia dos modelos mentais é limitada, principalmente, pelo conhecimento prévio das pessoas e por suas experiências anteriores com sistemas semelhantes. Por exemplo, as aulas em que são trabalhados experimentos são momentos adequados para promover uma investigação sobre os modelos mentais dos estudantes. Desse modo, eles entram em contato com um sistema real e podem tentar explicar os fenômenos químicos em questão e, dessa forma, externalizar seus modelos mentais.

JOHNSON-LAIRD (2001) propõe que os modelos mentais “*podem representar relações espaciais, eventos e processos, e operações de sistemas complexos*”. Segundo o autor, é possível fazer descrições, previsões e deduções de sistemas através de modelos mentais. Como o raciocínio dos alunos é construído tendo por base os modelos mentais, é interessante conhecê-los, principalmente na área de ensino de Ciências e, mais especificamente, na disciplina de Química. Além disso, conhecendo os modelos dos alunos, é possível direcionar as atividades das aulas visando a uma evolução daqueles modelos em direção a outros aceitos cientificamente.

JOHNSON-LAIRD (1983) assume que um dos fatores que torna possível diferenciar novatos de especialistas, em termos de raciocínio, é a capacidade de construir e manipular modelos mentais complexos.

Os modelos mentais não apresentam uma estrutura sintática, sua estrutura é análoga ao estado de coisas do mundo, tal como os percebemos ou concebemos. Desse modo, sua estrutura pode variar substancialmente, por exemplo, modelos elaborados a partir de proposições podem apresentar um mínimo de estrutura analógica, enquanto modelos mentais espaciais, como os de uma sala, podem ter grande analogia estrutural em uma, duas ou três dimensões.

Em relação ao conteúdo, os modelos mentais, as imagens e as proposições apresentam uma diferença importante no que diz respeito à especificidade: os modelos mentais e as imagens são altamente específicos. Por exemplo, não é possível formar uma imagem de um objeto ou evento (um quadro, por exemplo) em geral, mas sim de um objeto ou evento específico (um determinado quadro, como a Mona Lisa, por exemplo). As representações proposicionais, entretanto, podem não ser tão específicas: é possível que, por exemplo, uma representação mental proposicional que estabeleça a relação espacial entre dois objetos como sendo “ao lado de”, sem definir se está “à esquerda” ou “à direita”.

JOHNSON-LAIRD (1983) aponta que, para uma imagem, essa falta de especificidade não é possível.

2.3 - Modelos mentais e concepções alternativas

MOREIRA et al. (2002) diferenciam um modelo mental de uma concepção alternativa da seguinte maneira: o primeiro é construído para explicar, descrever e realizar previsões e é elaborado na memória de trabalho (de curto prazo), sendo, geralmente, descartado após o uso. Entretanto, modelos que funcionam bem várias vezes, mesmo que inadequados, podem ser armazenados na memória de longo prazo, ou seja, podem adquirir estabilidade cognitiva. Esses modelos armazenados podem ser resgatados da memória de trabalho e "rodados" para gerar uma previsão com respeito ao comportamento de um sistema físico ou de um experimento. Quando o modelo inadequado é armazenado na memória de longo prazo, tal previsão seria interpretada como uma concepção alternativa, isto é, a estrutura cognitiva acomoda uma concepção alternativa que pode ter sido originada por meio de um modelo mental. Portanto, a elaboração de um modelo mental pode propiciar a formação de concepções alternativas como explicações, descrições ou previsões para um fenômeno ou um sistema.

Um modelo mental inadequado, mas que faz sentido para os estudantes, e que com o tempo adquire estabilidade cognitiva, pode corresponder a uma concepção alternativa, visto que algumas dessas concepções são muito resistentes às mudanças, estáveis e enraizadas na estrutura cognitiva. Tais estruturas já não podem ser consideradas modelos mentais, que são estruturas construídas para explicar ou para compreender situações novas, como defendem MOREIRA et al. (2002).

As concepções alternativas geralmente se tornam enraizadas na estrutura cognitiva dos estudantes; mesmo sendo inadequadas cientificamente, elas apresentam certo grau de coerência em relação ao senso comum. É possível observar alguns exemplos de concepções alternativas na tabela a seguir:

TABELA 2.1 – Exemplos de concepções alternativas sobre conceitos químicos.

Conceito	Concepção alternativa
Matéria	Moléculas expandem quando aquecidas (HORTON, 2004).
Mudança de estado físico	As bolhas da água fervente consistem nos gases hidrogênio e oxigênio ou no ar atmosférico (HORTON, 2004).
Reação química	Reações químicas entre gases consistem em simples misturas (HORTON, 2004).
Combustão	A queima da vela é descrita como derretimento da parafina. A vela reduz de tamanho porque a parafina evapora. A chama da vela é produto da queima do pavio (KIND, 2004).
Lei de Lavoisier	Os produtos de uma reação química não precisam ter a mesma massa dos reagentes (HORTON, 2004). A massa aumenta em uma precipitação porque sólidos pesam mais do que líquidos (KIND, 2004).

Para MULFORD e ROBINSON (2002), as concepções alternativas desempenham um papel importante na aprendizagem de Química, e vão além de somente produzir explicações inadequadas pelos estudantes às perguntas propostas por pesquisadores. Os estudantes constroem seus conceitos como explicações inadequadas para os comportamentos, propriedades ou teorias que estudam e, geralmente, acreditam que suas explicações estão corretas, porque elas fazem sentido, em termos de sua compreensão do comportamento do mundo. É interessante que, mesmo quando os estudantes têm suas concepções confrontadas, muitas vezes consideram uma nova informação errada e então a ignoram, rejeitam ou desacreditam-na. Assim, as concepções alternativas podem ser muito resistentes às mudanças, e isto consiste em um desafio para os educadores.

As concepções alternativas costumam ser extremamente resistentes, pois existem relatos na literatura sobre a ocorrência de uma rápida evolução nas ideias de estudantes do ensino fundamental sobre Química, entre as idades de 6 e 12 anos, mas as concepções se alteram de forma muito lenta dessa idade em diante, apesar do trabalho intensivo em Química, principalmente no Ensino Médio. Concepções alternativas presentes em alunos com 12 anos de idade são susceptíveis de ainda estar presentes aos 18 anos como também podem persistir por toda a vida, como aponta HORTON (2004).

2.4 - Aprendizagem significativa e modelos mentais

AUSUBEL et al. (1980) elaboram uma importante teoria de aprendizagem dentro do movimento cognitivista, que introduz o conceito de aprendizagem significativa. Essa teoria pode ser considerada atualmente como um conceito suprateórico, ou seja, é compatível com outras teorias construtivistas e subjacentes a elas (MOREIRA, 1997).

Dentro da teoria de AUSUBEL et al. (1980), é proposto que existem dois tipos básicos de aprendizagem: a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. A aprendizagem significativa ocorre quando um novo conhecimento (conceito ou informação) é incorporado de forma não arbitrária e substantiva (não literal) à estrutura cognitiva do estudante.

A não arbitrariedade ou não aleatoriedade está relacionada ao modo como a informação é conectada à estrutura cognitiva. Assim, é importante que a nova informação esteja ancorada nos conceitos adequados na estrutura cognitiva. Por exemplo, ao aprender sobre substâncias químicas, esse conceito se relaciona de forma não arbitrária ao conceito de átomos e de elementos químicos.

A substantividade está relacionada aos símbolos que são conectados à estrutura cognitiva de forma não literal, ou seja, não ocorre uma mudança no significado dos símbolos ao serem absorvidos na estrutura cognitiva. Por exemplo, ao aprender matemática, os termos 0,5; $\frac{1}{2}$ e metade apresentam o mesmo significado.

Assim, AUSUBEL et al. (1980) propõem que o conhecimento que uma pessoa possui é organizado no que eles chamam de estrutura cognitiva, a qual apresenta conceitos organizados hierarquicamente, de acordo com seu grau de generalidade e de especificidade e esses conceitos estão conectados entre si.

Quando um novo conhecimento é adquirido por uma pessoa, ele pode relacionar-se (conectar-se) com um conhecimento específico já existente na estrutura cognitiva, que AUSUBEL et al. (1980) chamam de conceito subsunçor ou apenas subsunçor. Quando ocorre a conexão de um conceito novo com um subsunçor adequado, AUSUBEL et al. (1980) propõem que houve uma aprendizagem significativa.

Por outro lado, quando o novo conhecimento não é relacionado (conectado) ou é pouco relacionado com um subsunçor da estrutura cognitiva,

AUSUBEL et al. (1980) propõem que ocorre uma aprendizagem mecânica. Assim, o conhecimento é armazenado de maneira arbitrária, aleatória e não ocorre interação entre a nova informação e aquelas já armazenadas. A memorização de fórmulas, leis e conceitos em Química podem ser exemplos de aprendizagem mecânica.

AUSUBEL et al. (1980) lembram, também, que a aprendizagem significativa ocorre com duas condições: o material instrucional deve ser potencialmente significativo e o aluno deve ter a disposição para a aprendizagem significativa. Além disso, NOVAK e GOWIN (1999) apontam que, para a aprendizagem ser significativa, os estudantes precisam compreender e saber aplicar os conceitos em diferentes contextos.

AUSUBEL et al. (1980) indicam que a maioria dos novos conceitos são adquiridos por meio de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos.

O processo de assimilação ocorre quando um novo conceito a , potencialmente significativo, é assimilado de forma não literal e não arbitrária por um conceito subsunçor mais abrangente A , já presente na estrutura cognitiva. Assim, a informação a se relaciona com o subsunçor A , e esta interação modifica ambos os conceitos, obtendo-se, dessa forma, $a'A'$, que consiste no subsunçor modificado.

Durante certo tempo, $a'A'$ pode ser dissociado em a' e A' e, dessa forma, é favorecida a retenção de a' . Na sequência, começa outra etapa do processo, a assimilação obliteradora, em que a estrutura cognitiva retém apenas as ideias, os conceitos mais estáveis, e desse modo, o novo subsunçor A' é retido na estrutura cognitiva. Assim, o esquecimento é parte do processo de assimilação que facilita a aprendizagem e retenção de novos conceitos. Essas informações sobre o processo de assimilação estão resumidas em forma de esquema na figura 2.1, a seguir:

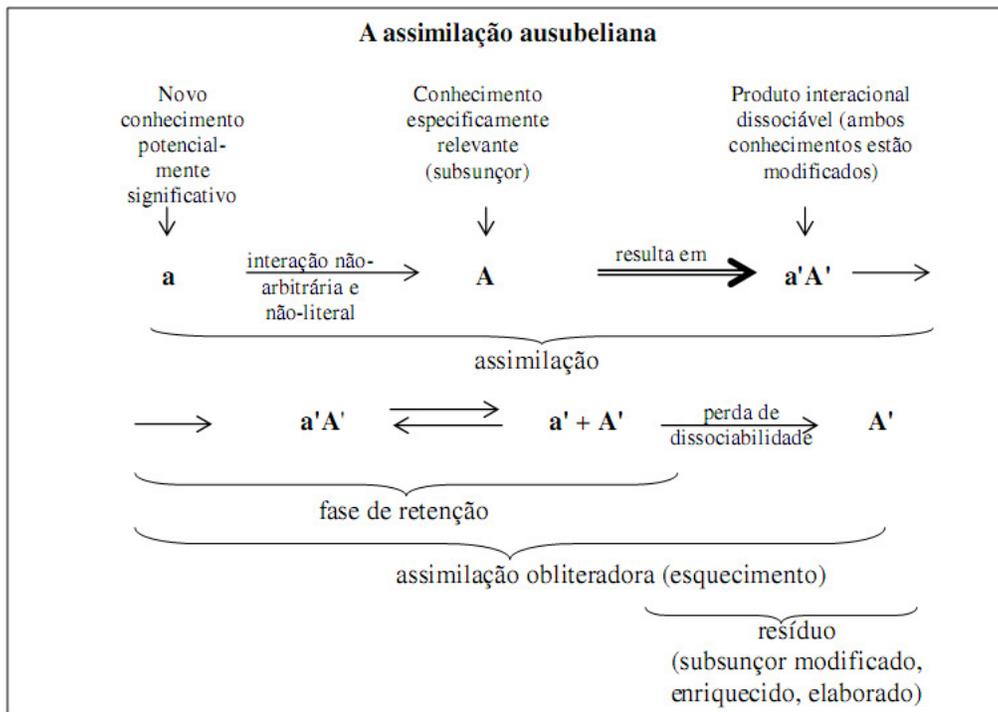


FIGURA 2.1 – Representação do processo de assimilação (MOREIRA, 2006).

O processo descrito anteriormente, em que uma nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, consiste em uma relação de subordinação do novo conceito em relação à estrutura cognitiva existente, sendo chamado de aprendizagem subordinada. Outro tipo de aprendizagem ocorre quando um conceito, mais geral e amplo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva, é adquirido e passa a assimilar aqueles conceitos ou ideias. Este tipo de aprendizagem é conhecido como aprendizagem superordenada.

Durante a aprendizagem subordinada, ocorrem modificações do conceito subsunçor, produzindo novos significados. Assim, a ocorrência desse processo uma ou mais vezes em um dado subsunçor vai proporcionar uma diferenciação progressiva, ou seja, o subsunçor é constantemente reelaborado, modificado e adquire novos significados. Por outro lado, durante a aprendizagem superordenada, novas informações são adquiridas e conceitos estabelecidos na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados. Essa recombinação de elementos existentes na estrutura cognitiva é chamada de reconciliação integrativa. Os processos de diferenciação progressiva e de

reconciliação integrativa podem ser observados no mapa conceitual expresso na figura a seguir:

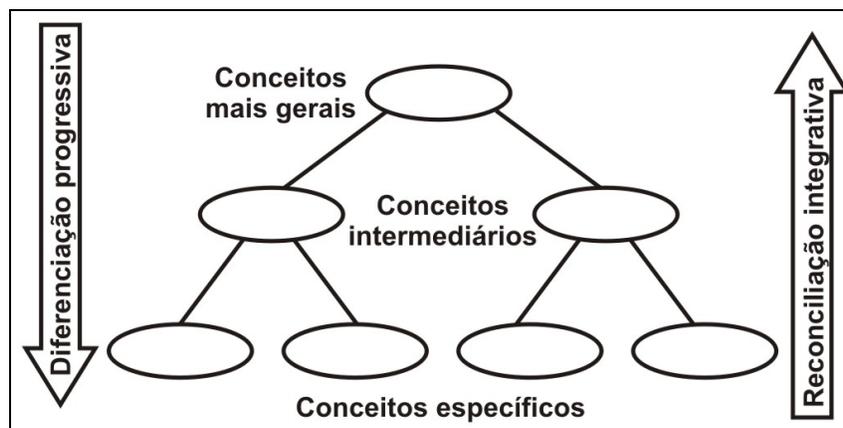


FIGURA 2.2 – Representação dos processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa (MOREIRA, 1998).

MOREIRA (1997) aponta ser possível interpretar a teoria de aprendizagem significativa de AUSUBEL et al. (1980) em relação à teoria dos modelos mentais de JOHNSON-LAIRD (1983). Os modelos mentais elaborados por estudantes podem ser deficientes em inúmeros aspectos – confusos, instáveis, incompletos – mas devem ser funcionais, ou seja, podem fazer sentido para a pessoa e ajudá-la a fazer a previsão ou chegar à resolução do problema. Assim, os modelos evoluem naturalmente, as pessoas podem testar seus modelos e modificá-los de modo contínuo até que adquiram a funcionalidade desejada. Dessa forma, o que limita o modelo de uma pessoa é o seu conhecimento e a sua experiência prévia com sistemas semelhantes, além da própria estrutura do sistema de processamento da mente humana, como defende NORMAN (1983).

Portanto, a teoria de JOHNSON-LAIRD (1983) permite que os modelos mentais sejam construídos e reconstruídos de acordo com a funcionalidade desejada pela pessoa, ou seja, os modelos mentais podem ser reconstruídos para que se tornem capazes de realizar previsões sobre eventos ou a resolução de problemas. Assim, de acordo com MOREIRA (1997), pode-se dizer que a aprendizagem é significativa, quando um aluno constrói um modelo mental sobre uma nova informação, que pode ser um conceito, um evento, um objeto ou um fenômeno e, por meio do modelo, a pessoa consegue fazer previsões sobre um sistema físico ou consegue explicar um fenômeno ou conceito. Dessa forma, a

reconstrução de modelos mentais, tornando-os mais eficientes ou mais elaborados pode ser uma evidência de que tenha ocorrido uma aprendizagem significativa.

Os conceitos também são representados por modelos mentais e, dessa forma, aqueles que adquirem estabilidade cognitiva e que são relevantes para os estudantes podem ser considerados como subsunçores da teoria de AUSUBEL (1980). Os modelos mentais elaborados para uma situação ou conceito novo podem ancorar-se nos subsunçores e, assim, ocorrer uma aprendizagem significativa.

Por outro lado, a aprendizagem mecânica pode estar relacionada com a não construção de modelos mentais, de acordo com MOREIRA (1997). Segundo o autor, os alunos que usavam proposições soltas, não articuladas em um modelo, e que pareciam não utilizar imagens, ou usavam proposições que consistiam em definições e fórmulas manipuladas mecanicamente para resolver problemas, faziam uso da aprendizagem mecânica. Portanto, para MOREIRA (1997), quanto maior a capacidade do estudante de construir modelos mentais sobre os conteúdos da matéria de ensino, maior é a sua chance de a aprendizagem ser significativa.

2.5 - Modelos mentais sobre conceitos químicos

MOREIRA (1996) aponta que a pesquisa em ensino de Ciências durante a década de setenta ficou focada nas concepções alternativas e, na década de oitenta, houve investigações sobre as mudanças conceituais dos alunos. Atualmente, existe uma tendência na pesquisa em ensino de Ciências sobre as representações mentais dos estudantes, em particular sobre os modelos mentais.

Há muitos trabalhos na literatura sobre o estudo de modelos mentais referentes a conceitos científicos, principalmente na área de Física, e a importância dessas pesquisas para o ensino de Ciências e de Química é fundamental. Porém, no Brasil, os estudos sobre modelos mentais dos estudantes na área de Química ainda são muito incipientes e a literatura apresenta carência de estudos nessa área. Dessa forma, o presente trabalho propõe uma investigação sobre esse assunto e também propõe o estudo da evolução em relação aos modelos mentais sobre conceitos químicos, ao longo de um período letivo.

Para este trabalho, foi selecionado o conceito geral de transformações químicas e outros relacionados, como alvo da investigação dos modelos mentais

dos estudantes, pois, mesmo sendo um assunto fundamental no estudo da Química, os estudantes apresentam muitas dificuldades a seu respeito (MORTIMER e MIRANDA, 1995; ROSA e SCHNETZLER, 1998) e, além disso, consiste no conteúdo principal presente no currículo da 1ª série do Ensino Médio da rede pública do Estado de São Paulo.

JOHNSTONE (1993, 2000), afirma que, no processo de compreensão do conhecimento químico estão envolvidos três diferentes níveis de representação: macroscópico, submicroscópico e simbólico. De acordo com WU et al. (2001), no nível de representação macroscópico, os fenômenos são observáveis e no submicroscópico, o fenômeno químico é explicado por meio do arranjo e movimento de moléculas, átomos, íons, elétrons ou outras espécies químicas. A Química, no nível simbólico, refere-se tanto a representações simbólicas de átomos, moléculas, quanto a símbolos químicos, como, por exemplo, fórmulas, equações e estruturas. Portanto, para obter uma boa compreensão da Química, é necessário conhecer esses níveis de representação e conseguir transitar entre eles. A figura 2.3 constitui em exemplo de representação destes três níveis.

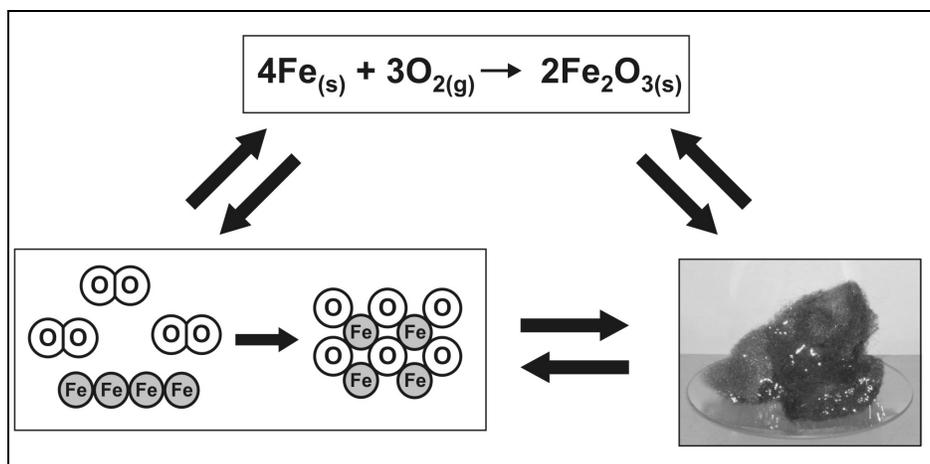


FIGURA 2.3 – Exemplos dos níveis de representação do conhecimento químico.

KIILL (2009) elaborou uma taxonomia que leva em conta a forma como a imagem se apresenta e as interações entre os níveis propostos por JOHNSTONE (1993). Assim, é considerado se a imagem é uma fotografia, uma tabela, um gráfico ou uma figura e, além disso, se existe mais de um nível de conhecimento químico apresentado, por exemplo, quando o nível macroscópico interage em uma imagem com o nível simbólico, é proposta a categoria macrossimbólica (KIILL, 2009). Dessa

forma, no presente trabalho, foram utilizadas imagens classificadas como submicrosimbólicas, pois representam o nível submicroscópico, com representações de átomos e moléculas e também tem seus símbolos químicos apresentados.

BEN-ZVI et al. (1987) apontam que em várias pesquisas, foi observado que os estudantes apresentam dificuldades para compreender os diferentes níveis de representações em Química. Ainda segundo esses autores, os estudantes apresentam dificuldades com as representações submicroscópica e simbólica porque são invisíveis e abstratas, e o pensamento dos alunos é elaborado sobre a informação sensorial. Além disso, conforme assinala GILLESPIE (1997), “*Os estudantes não conseguem estabelecer relações apropriadas entre o nível macro e o submicroscópico*”. É interessante para o ensino de Química, investigar as dificuldades apresentadas pelos alunos nas diferentes formas de representação, e como constroem seus modelos sobre os conceitos químicos.

OBLINGER (1993), afirma que: “*a interação entre estudantes, o professor e as aplicações multimídia faz com que os estudantes tornem-se participantes ativos no processo de aprendizagem*”. Ainda segundo OBLINGER (1993):

As instituições consideram a instrução multimídia mais eficiente por causa dos sentidos que são envolvidos durante o processo de aprendizagem. Se o professor fica na frente da sala e apenas fala com os alunos, eles irão reter somente cerca de 20% do que ouvem. Alunos que vêem e ouvem informações, podem reter cerca de 40% da informação que é transmitida. Mas estudantes que vêem, ouvem e que estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, retém aproximadamente 75% das informações. (OBLINGER, 1993)

Ou seja, quando os estudantes estão profundamente envolvidos na situação de ensino e são sujeitos ativos na construção de seus conhecimentos, ocorre uma retenção maior das informações e a aprendizagem tende a ser significativa. Com isso, OBLINGER (1993) conclui que: “*o que se verifica em situações com uso da multimídia é que os estudantes não são meramente recipientes passivos que armazenam informação*”.

VELÁZQUEZ-MARCANO et al. (2004) afirmam que o uso de visualizações é importante para o ensino de Química, principalmente na forma de demonstrações na sala de aula e de animações que evidenciam a natureza particulada da matéria. Segundo RUSSEL et al. (1997), estudos têm mostrado que o

uso de animações moleculares que representam o nível submicroscópico, e também demonstrações em vídeo têm feito com que estudantes consigam relacionar melhor os níveis de representação simbólico, macroscópico e submicroscópico, melhorando a compreensão conceitual e a habilidade de criar modelos mentais sobre conceitos e/ou fenômenos químicos.

A utilização de imagens pode ser particularmente interessante para o ensino de Química, pois pesquisas têm mostrado que estudantes habilidosos em visualizar o fenômeno químico no nível molecular desenvolvem boa compreensão conceitual (NAKHLEH, 1993a, 1993b; PASELK, 1994). Essa visualização a que os autores se referem seria uma visualização mental, uma representação interna do fenômeno químico em nível submicroscópico. De acordo com TURNER (1990) muitos estudantes não obtêm sucesso em cursos de Química porque “*nunca aprenderam a visualizar sistemas químicos ou a fazer desenhos para ajudar a resolver problemas*”.

Na Química, os modelos mentais são estabelecidos, principalmente, pela relação entre os níveis macroscópico e o submicroscópico. Na verdade, o nível de representação submicroscópico do conhecimento químico corresponde a um modelo criado para tentar explicar a natureza macroscópica. Os átomos, e por consequência as moléculas, íons, elétrons, são modelos criados para descrever a natureza da matéria bem como os fenômenos a ela associados. É preciso que o estudante tenha contato com um sistema ou que o sistema seja descrito verbalmente, para que, desse modo, ele possa elaborar um modelo mental, em nível submicroscópico.

A seguir, são apresentadas na figura 2.4, as relações entre os níveis de conhecimento que promovem a elaboração de modelos mentais sobre conceitos químicos.

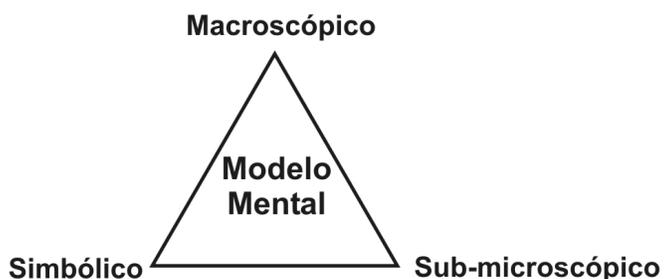


FIGURA 2.4 – Relações entre os níveis de representação do conhecimento químico e a elaboração de modelos mentais sobre conceitos/fenômenos químicos.

Portanto, ao tentar desenvolver os modelos mentais dos estudantes em Química é interessante iniciar os estudos por meio da observação de algo concreto, como a execução de um experimento, por exemplo. E, em seguida, utilizar imagens, vídeos ou modelos moleculares para estimular os alunos a pensar em um nível submicroscópico e elaborar um modelo mental do sistema.

É interessante, do ponto de vista pedagógico, estabelecer as relações entre os níveis de conhecimento químico, apresentados por JOHNSTONE (1993, 2000), principalmente entre os níveis macroscópico e submicroscópico. É possível realizar um experimento em sala de aula, até mesmo de forma demonstrativa, apresentando o nível macroscópico, visível e concreto e depois trabalhar o nível submicroscópico usando imagens projetadas ou com o emprego de modelos moleculares. Dessa forma, a experimentação, relacionada com o nível submicroscópico, adquire um importante papel para a compreensão do conhecimento químico.

2.6 – Papel da experimentação no ensino de Química

A experimentação é um recurso didático importante no ensino de Ciências e, mais especificamente, no ensino de Química. Entretanto, muitos dos resultados pouco animadores do uso da experimentação no ensino se devem à falta de distinção dos objetivos pelos professores. É importante destacar os diferentes objetivos da experimentação para a Ciência e para o ensino de Ciências. Na Ciência, o objetivo da experimentação é o de desenvolver e elaborar teorias, ou seja, de produzir conhecimento científico, enquanto no ensino de Ciências a experimentação possui objetivos de natureza pedagógica, como aprendizado de conceitos ou de procedimentos pelos estudantes. Dessa forma, a experimentação empregada no ensino de Ciências deve ser realizada para atingir objetivos pedagógicos claros para o professor, como defende HODSON (1988).

Além disso, é necessário, no ensino de Ciências, que se faça uma discussão inicial sobre a natureza do trabalho em laboratório. Os termos trabalho prático, trabalho em laboratório e os experimentos em ensino de Ciências têm sido empregados como sinônimos, entretanto, apresentam algumas diferenças sutis.

Atividades em que os estudantes são ativos no processo de aprendizagem, como estudos de caso, elaboração de modelos, de pôsteres e realização de trabalhos são atividades práticas, não sendo, contudo, atividades de laboratório. Assim, o trabalho prático de laboratório se constitui uma subcategoria do trabalho prático. Além disso, a realização dos experimentos é uma subcategoria do trabalho prático de laboratório (HODSON, 1988). Essas relações estão descritas na figura 2.5.

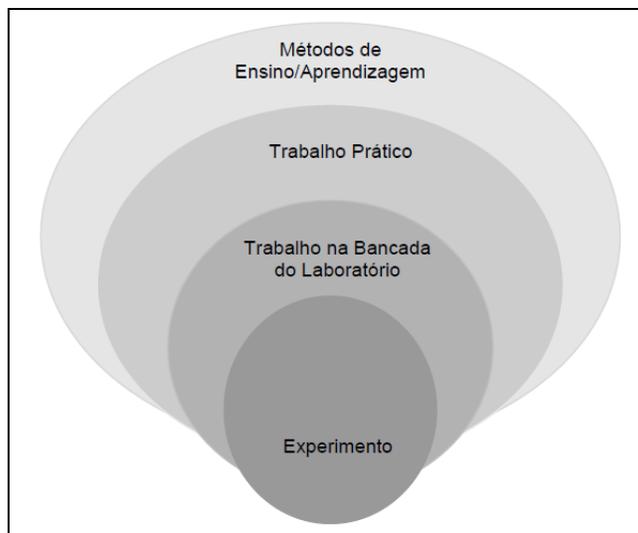


FIGURA 2.5 – Relações entre experimentos, trabalho de laboratório e trabalho prático. (HODSON, 1988)

A experimentação no ensino de Química constitui um recurso pedagógico importante que pode auxiliar na construção de conceitos, de acordo com FERREIRA et al. (2010). Assim, a atividade experimental pode ser realizada de modo a cumprir vários objetivos pedagógicos. BORGES (2002) propõe que a experimentação pode ser empregada com os seguintes objetivos: ensinar técnicas e procedimentos de laboratório e facilitar a aprendizagem de conceitos científicos.

GALIAZZI et al. (2001) apresentam outros objetivos relativos à experimentação: aprender os conceitos por meio da prática; melhorar a aprendizagem da teoria; desenvolver a observação, a capacidade de trabalhar em grupo e melhorar o raciocínio.

Entretanto, alguns dos objetivos da experimentação são controversos. A motivação é apontada, frequentemente, pelos professores, como um dos principais objetivos da experimentação. Segundo GALIAZZI e GONÇALVES (2004),

existem evidências de que a motivação não ocorre simplesmente quando os estudantes realizam uma atividade experimental:

Essa idéia presente no pensamento dos professores está associada a um conjunto de entendimentos empiristas de Ciência em que a motivação é resultado inerente da observação do aluno sobre o objeto de estudo. Isto é, os alunos se motivam justamente por “verem” algo que é diferente da sua vivência diária, ou seja, pelo “show” da ciência. (GALIAZZI e GONÇALVES, 2004)

Dessa forma, a visão empirista dos professores acaba interferindo em sua maneira de enxergar a atividade experimental. Assim, os objetivos pedagógicos atribuídos à experimentação refletem essa visão distorcida sobre a Ciência. Além disso, quando se emprega a atividade experimental como recurso pedagógico, não se pode esquecer da discussão sobre os conceitos científicos envolvidos, senão o experimento perde todo o seu caráter pedagógico.

A experimentação com abordagem tradicional consiste, basicamente, na apresentação de um roteiro definido pelo professor, com os procedimentos detalhados para a realização do experimento. Dessa forma, o professor assume um papel principal no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, apesar de os estudantes estarem realizando as atividades experimentais, muitas vezes, eles não raciocinam sobre os conceitos envolvidos e não entendem o motivo da realização de tais procedimentos.

De acordo com GALIAZZI e GONÇALVES (2004), professores e alunos possuem visões simplistas de experimentação à qual atribuem a capacidade de comprovar a teoria. Esta visão da experimentação é decorrente de uma visão distorcida de Ciência, como sendo neutra, objetiva, progressista e empirista.

Segundo GIL-PÉREZ et al. (2001), as visões deformadas dos professores sobre a Ciência podem ser difundidas para os alunos durante as aulas e, dessa forma, proporcionar uma propagação destas visões. Os autores enumeram as seguintes visões deformadas da Ciência:

- **Visão empírico-indutivista e ateórica:** é destacada a importância da observação e “neutralidade” da experimentação na construção do conhecimento. Outro ponto importante dessa concepção é que são ignorados os papéis das hipóteses e de outras teorias na orientação da pesquisa científica;

- **Visão rígida, algorítmica, exata e infalível:** essa concepção descreve o conhecimento científico como uma série de etapas a serem realizadas de modo mecânico. Além disso, a Ciência é vista como uma verdade absoluta;
- **Visão problemática e ahistórica:** essa concepção não considera os problemas que deram origem ao conhecimento científico e a sua construção. Além disso, não é considerada a historicidade, o contexto em que o conhecimento científico é construído;
- **Visão exclusivamente analítica:** essa concepção destaca em excesso o processo simplificador que a Ciência realiza para analisar um problema e considera apenas a divisão parcelar dos estudos;
- **Visão acumulativa de crescimento linear:** a Ciência é considerada como um corpo de conhecimentos que apenas cresce com o passar do tempo e não são consideradas as revoluções científicas;
- **Visão individualista e elitista:** a Ciência é considerada como o fruto de trabalho de gênios isolados, e dessa forma não é considerada a importância do trabalho coletivo;
- **Visão socialmente neutra:** não são consideradas as relações existentes entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade. Assim, a imagem do cientista é de um ser “acima do bem e do mal” e não são discutidos aspectos importantes, como por exemplo, a ética envolvida nas pesquisas.

Dessa forma, a própria educação formal acaba difundindo imagens deformadas sobre a natureza da atividade científica aos estudantes. Além disso, a abordagem tradicional experimental pode promover a propagação dessas visões distorcidas.

2.7 – Atividades experimentais com abordagem investigativa no ensino de Química

A atividade experimental investigativa pode ser considerada como uma contraposição à abordagem da experimentação tradicional. A atividade experimental investigativa apresenta um caráter construtivista, pois a aprendizagem é baseada na resolução de um problema, por meio de uma atividade experimental planejada e realizada pelos estudantes. Assim, as atividades experimentais investigativas

consistem na exploração de fenômenos, por meio da participação ativa dos estudantes na construção de seu conhecimento (BORGES, A., 2002).

OLIVEIRA (2009) discute que, nessa abordagem, os alunos assumem a responsabilidade na investigação, apresentando liberdade na proposição e execução do experimento. Cabe salientar o papel do professor, que é colocar os alunos frente a situações-problema adequadas, propiciando a construção do próprio conhecimento pelos estudantes.

SUART (2008) define a atividade experimental investigativa da seguinte forma:

(...) Aquelas atividades nas quais os alunos não são meros espectadores e receptores de conceitos, teorias e soluções prontas. Pelo contrário, os alunos participam da resolução de um problema proposto pelo professor ou por eles mesmos; elaboram hipóteses; coletam dados e os analisam; elaboram conclusões e comunicam os seus resultados com os colegas. O professor se torna um questionador, conduzindo perguntas e propondo desafios aos alunos para que estes possam levantar suas próprias hipóteses e propor possíveis soluções para o problema. (SUART, 2008)

A atividade experimental investigativa propõe que os estudantes assumam papel ativo em sua aprendizagem e que os professores adquiram um papel de questionador, de um orientador no processo de investigação. AZEVEDO (2004) também apresenta uma definição para as atividades investigativas:

Definimos uma investigação como uma atividade na qual o aluno é encarregado de estruturar todo o experimento sendo, muitas vezes, o responsável pela definição do tema e planejamento da investigação, pela elaboração dos objetivos e procedimentos, pelo levantamento dos materiais necessários, pela realização de experiência e pela análise dos resultados obtidos. (...) Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica.” (AZEVEDO, 2004)

A mesma autora tece uma comparação entre a abordagem investigativa e o trabalho científico, sendo importante salientar que não se pode esperar que o aluno realize uma “descoberta”. Cabe salientar que o foco das atividades consiste na aprendizagem dos estudantes.

BACHELARD (1996) estabelece uma observação importante acerca da natureza científica:

Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. (...) Para o espírito científico, todo conhecimento é uma resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não há conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (BACHELARD, 2006)

Então, é importante estabelecer um novo paralelo entre a Ciência e o Ensino de Ciências, no sentido de que em uma abordagem investigativa é interessante que os estudantes iniciem a atividade por meio de uma pergunta, que pode ser dada pelo pesquisador ou proposta pelos próprios alunos. BIANCHINI e ZULIANI (2009) defendem que é importante propor perguntas bem elaboradas e relacionadas com o dia a dia dos estudantes, de modo a incentivá-los a adquirir conhecimento por meio da atividade investigativa.

Cabe aqui, levantar um ponto importante: nenhuma investigação é iniciada sem conhecimentos específicos. É preciso que os alunos possuam os conhecimentos necessários que orientem a investigação. Portanto, em uma atividade experimental investigativa, o professor deve trabalhar anteriormente a essas atividades, todos os conteúdos conceituais, inclusive os matemáticos, além dos procedimentos experimentais envolvidos, necessários para a resolução do problema, como defendem GIL-PÉREZ e VALDÉS CASTRO (1996) e FERREIRA et al. (2010).

GIL-PÉREZ e VALDÉS CASTRO (1996) propõem que uma atividade experimental investigativa deve possuir algumas características da atividade científica. As características que a atividade investigativa deve apresentar são as seguintes:

- Apresentar situações problemáticas abertas, com um nível de dificuldade adequado, para que os alunos possam tomar decisões;
- Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse pelas situações propostas, e que principalmente faça sentido ao seu estudo;
- Potencializar análises qualitativas, que ajudem a compreender as situações planejadas e a elaborar hipóteses sobre o problema que se busca resolver;
- Considerar a elaboração de hipóteses como aspecto central da investigação científica e, por meio desse processo, orientar o tratamento das situações e levantar as concepções prévias dos estudantes;

- Considerar a importância da elaboração e do planejamento da atividade experimental pelos próprios alunos;
- Considerar a análise dos resultados à luz do corpo de conhecimentos disponíveis, das hipóteses elaboradas e dos resultados dos estudantes;
- Considerar as inter-relações existentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade no estudo realizado, como exemplo, possíveis aplicações e repercussões negativas;
- Pedir um esforço de integração, que considere a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimentos;
- Conceder importância especial à elaboração de memórias científicas que reflitam o trabalho realizado para, dessa forma, poder destacar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
- Potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico, organizando grupos que interagem entre si, representando a comunidade científica.

Resumindo, a elaboração e a realização de testes de hipóteses, a proposição de procedimentos experimentais, a elaboração de conclusões e a comunicação dos resultados são aspectos centrais na realização de uma atividade experimental investigativa.

AZEVEDO (2004) propõe algumas possibilidades de se trabalhar com a abordagem investigativa: demonstrações investigativas, laboratório aberto, questões abertas e problemas abertos. Em uma demonstração investigativa, inicialmente se apresenta um problema aos estudantes, na sequência é desenvolvido o experimento e os estudantes realizam reflexões sobre esse experimento, elaborando hipóteses para explicá-lo. Por fim, o professor realiza uma sistematização dos conhecimentos envolvidos, abordando todos os conceitos necessários para a compreensão do experimento e da resolução do problema.

Para AZEVEDO (2004), a proposta de laboratório aberto pode ser definida, basicamente, em seis momentos distintos: a proposta do problema, o levantamento de hipóteses, a elaboração do plano de trabalho, a montagem do arranjo experimental e coleta de dados, a análise dos dados e a conclusão. Nas questões abertas, são propostas questões aos alunos sobre fatos relacionados ao seu cotidiano e cuja explicação é ligada a conceitos discutidos e construídos em aulas anteriores. Por fim, os problemas abertos são situações gerais, apresentadas

aos grupos ou à turma, nos quais se discutem as possíveis soluções para o problema. Diferente das questões abertas, que envolvem apenas conceitos, o problema aberto deve levar à matematização dos resultados.

ZULIANI (2006) delimita a realização de atividades investigativas do seguinte modo:

- Apresentação dos temas de interesse do cotidiano e a escolha do tema pelos participantes;
- Elaboração de um projeto de pesquisa em grupo, relacionado ao tema escolhido pelos estudantes;
- Apresentação e discussão do projeto elaborado com o grupo;
- Desenvolvimento da atividade proposta;
- Elaboração de relatório preliminar, privilegiando as observações e a discussão dos resultados;
- Discussão do relatório elaborado;
- Apresentação dos resultados para os demais estudantes e discussão das atividades, em forma de painéis ou simpósios.

Existem autores no campo de Ensino de Ciências que defendem ser importante os estudantes realizarem algumas práticas dos cientistas, durante o processo de aprendizagem. DRIVER et al. (1999) apontam que:

Aprender Ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez mais apropriadamente denominada estudo da natureza – nem de desenvolver e organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender Ciências requer mais do que desafiar as idéias anteriores dos alunos mediante eventos discrepantes. Aprender Ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento. (DRIVER et al., 1999)

Dessa forma, o uso de atividades investigativas configura-se em uma metodologia que pode proporcionar uma melhoria na aprendizagem de Ciências, uma vez que envolve algumas características do trabalho científico, como uma questão de pesquisa que orienta a atividade, a comunicação dos resultados em grupo, que emula a discussão em sociedades científicas.

De acordo com ZÓMPERO e LABURÚ (2011), existe uma tradição histórica nos Estados Unidos, no emprego da abordagem investigativa no ensino de Ciências. Assim, atualmente nos Estados Unidos, os documentos oficiais que orientam o ensino de Ciências revelam que a abordagem investigativa, inclusive a teórica, tem destaque no ensino de Ciências daquele país. O NATIONAL RESEARCH CONCIL (UNITED STATES OF AMERICA, 2000) elaborou um documento que aponta a centralidade da abordagem investigativa e propõe que nessa abordagem voltada ao ensino de Ciências é importante que os estudantes:

- Fiquem engajados em perguntas de orientação científica;
- Deem prioridade às evidências ao responder questões;
- Formulem explicações a partir de evidências;
- Avaliem suas explicações à luz de outras alternativas, em particular daquelas que envolvem o conhecimento científico;
- Comuniquem e justifiquem para os colegas as explicações propostas.

No Brasil, existem orientações sobre o uso de investigações em documentos oficiais sobre o ensino de Ciências, no PCN+ (BRASIL, 2002), entretanto estas orientações são muito breves. Nesse documento, é proposto sobre as competências de investigação e compreensão sobre Química, tem o objetivo de desenvolver nos estudantes habilidades tais como:

- Identificar as informações ou variáveis relevantes em uma situação-problema e elaborar possíveis estratégias para equacioná-la ou resolvê-la;
- Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações, identificar regularidades, invariantes e transformações;
- Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados;
- Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para a situação-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos;
- Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas do conhecimento.

HOFSTEIN e LUNETTA (2003) realizaram uma extensa revisão bibliográfica sobre as atividades experimentais investigativas. Os autores apontam que essa abordagem de ensino proporciona aos estudantes o planejamento de investigações, o uso de experimentos na coleta de dados seguido de interpretação e análise, além da comunicação dos resultados entre os próprios estudantes. Ainda segundo os autores, existe uma série de vantagens da atividade experimental investigativa em relação à atividade experimental com abordagem tradicional como: argumentação e uso de justificativas científicas das afirmações, mudança atitudinal e aumento de interesse pela Ciência. São criadas, também, condições para aprendizagem efetiva de conceitos científicos, desenvolvimento da habilidade de investigação científica e percepção de Ciência e interação social entre os estudantes.

Além disso, as atividades experimentais investigativas desenvolvem habilidades cognitivas nos alunos, o que torna essa abordagem muito importante no ensino de Química (SUART, 2008, SUART e MARCONDES, 2009). É importante salientar que tal abordagem diferenciada pode proporcionar melhorias nos modelos mentais dos estudantes em relação aos conceitos envolvidos, sobre a elaboração de hipóteses e sobre o planejamento e execução de procedimentos experimentais.

BORGES, A. (2002) aponta existirem diferentes níveis de investigação que podem ser realizados em atividades experimentais investigativas e esses níveis são apresentados na tabela 2.2. Em um nível 0, pode-se afirmar que a atividade tem um caráter tradicional, uma vez que os problemas, os procedimentos experimentais e as conclusões são dadas pelo professor e que o estudante não pode decidir sobre elas. Em uma investigação de nível 1, os problemas e os procedimentos experimentais são dados e o estudante tem a liberdade de propor as conclusões. Em uma atividade de nível 2, o problema é proposto pelo professor e os estudantes podem elaborar os procedimentos experimentais e as conclusões. Por fim, em uma atividade investigativa de nível 3, os estudantes têm um elevado grau de liberdade e podem propor, desde o problema até os procedimentos experimentais e as conclusões.

TABELA 2.2 – Níveis de investigação em uma atividade experimental investigativa (BORGES, A., 2002).

Nível de investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Assim, BORGES, A. (2002) aponta que não existe uma rigidez nos níveis de investigação. As relações entre a abordagem tradicional e a investigativa estão apresentadas na tabela 2.3.

TABELA 2.3 – Relações entre a abordagem experimental tradicional e a abordagem experimental investigativa (BORGES, A., 2002).

Aspecto	Tradicional	Investigativo
Grau de abertura	Roteiro pré-definido	Variado grau de abertura
	Restrito grau de abertura	Liberdade total no planejamento
Objetivo	Comprovar leis	Explorar fenômenos
Atitude do estudante	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

Assim, na atividade tradicional existe um roteiro pré-definido e os estudantes apresentam um grau muito restrito de abertura, ou seja, não possuem opções para a realização do procedimento experimental, senão seguir o roteiro. Por outro lado, na atividade investigativa existem variados graus de abertura, ou seja, em um extremo os estudantes podem propor um problema para investigar, elaborar o procedimento experimental e as formas de coleta e interpretação de dados, bem como as conclusões e apresentações dos resultados. Além disso, os objetivos de uma atividade experimental tradicional consistem, geralmente, em comprovações de teorias ou leis e, por outro lado, em atividades experimentais investigativas os objetivos geralmente são de explorar os fenômenos. Por fim, a atitude dos estudantes em uma abordagem tradicional é de compromisso com o resultado, ou seja, observar a teoria ou a lei em prática e, em uma atividade investigativa, o

estudante possui a responsabilidade de propor a investigação, com todas as suas etapas.

MUNFORD e LIMA (2007) apontam que existem equívocos sobre o ensino de Ciências por investigação. Os principais equívocos acontecem em virtude de as pessoas acreditarem que o ensino de Ciências por investigação envolve necessariamente atividades práticas ou experimentais ou que se restringe a elas. Cabe salientar que, muitas vezes, uma atividade experimental não apresenta nenhum caráter investigativo ou que é possível que uma atividade teórica tenha aspectos investigativos. Por exemplo, KASSEBOEHMER (2011) realizou um estudo durante o período de um ano letivo em que aplicou atividades investigativas durante aulas teóricas de Química.

Outro equívoco apontado por MUNFORD e LIMA (2007) é o de que o ensino de Ciências por investigação envolve apenas atividades bastante “abertas”, nas quais os estudantes possuem autonomia para determinar as questões de pesquisa, metodologia para a coleta de dados e formas de análise de dados. Existem várias formas de trabalhar as atividades investigativas, desde as mais “abertas” até outras em que o direcionamento do professor na investigação é maior. Muitas vezes, o direcionamento que o professor realiza em uma investigação pode ser essencial para a aprendizagem, por exemplo, quando a turma é inexperiente e ainda não conhece a abordagem de ensino ou quando o tempo é mais escasso, como em sala de aula.

Por fim, o último equívoco apontado por MUNFORD e LIMA (2007) é o de que é necessário ensinar todo o conteúdo por meio de uma abordagem investigativa. Existem conteúdos que podem ser mais bem ensinados por meio de outras abordagens, inclusive a tradicional. Assim, a abordagem investigativa consiste em mais uma estratégia de ensino que os professores podem selecionar para diversificar sua prática pedagógica.

2.8 – Potencial pedagógico do erro

BORGES, O. et al. (2002), propõem que os erros cometidos pelos alunos nas atividades experimentais deveriam receber mais atenção dos professores. Isso não ocorre, principalmente, pelas seguintes razões:

- As atividades experimentais selecionadas são muito simples e muitas vezes são facilmente previsíveis;
- Os alunos espontaneamente “maquiam” alguns resultados, quando ocorre um distanciamento do que é esperado. Assim, o professor não descobre a ocorrência dos erros;
- Os professores, em geral, desconhecem que o erro é uma etapa importante no processo de aprendizagem;
- Por fim, os professores apresentam dificuldades para identificar e explicar a origem do erro e resolvê-lo.

Dessa forma, é importante que seja eliminada a cultura da punição do erro, pois a existência do erro pode proporcionar uma aprendizagem mais rica para os alunos.

As atividades experimentais com abordagem tradicional não permitem aos estudantes a sua participação efetiva no processo de construção do conhecimento. Pouca (ou nenhuma) oportunidade é dada ao aluno no processo de elaboração de hipóteses, interpretação e discussão dos resultados, o que inviabiliza o surgimento de habilidades importantes (OLIVEIRA, 2009).

BORGES, A. (2002) aponta que o erro em uma atividade experimental tradicional geralmente é punido pelos professores. E, dessa forma, os estudantes se adaptam, realizando adulterações no experimento, para que seus resultados correspondam às previsões realizadas pela teoria ou que seja observada uma regularidade. Sobre o erro no laboratório, o autor aponta que:

(...) o estudante logo percebe que sua 'experiência' deve produzir o resultado previsto pela teoria, ou que alguma regularidade deve ser encontrada. Quando ele não obtém a resposta esperada, fica desconcertado com seu erro, mas, se percebe que o 'erro' pode afetar suas notas, ele intencionalmente 'corrige' suas observações e dados para obter a 'resposta correta', e as atividades experimentais passam a ter o caráter de um jogo viciado. Infelizmente este é daquele tipo de jogo que se aprende a jogar muito rapidamente. (BORGES, A., 2002)

BACHELARD (1996) considera que, na Ciência, o “*erro, não é um mal. (...) É então que se tem acesso ao erro positivo, ao erro normal, ao erro útil*”. Assim, na Ciência, o erro não possui uma conotação negativa e, ao contrário, pode ser útil, mostrando que existem caminhos inadequados para a resolução de um problema de pesquisa e direcionando para outros caminhos, possivelmente

adequados. Dessa forma, pode ser traçado um novo paralelo entre a Ciência e o ensino de Ciências. Muitas vezes, no ensino tradicional de Química, em aulas experimentais, os estudantes são punidos quando cometem erros. A punição, geralmente, consiste na perda de notas em relatórios. Por outro lado, em atividades experimentais investigativas, o erro se torna mais comum e, ao invés de causar punições aos estudantes, é possível proporcionar novas formas de aprendizagem. Assim, para BORGES, A. (2002), o erro pode ser utilizado como ferramenta pedagógica.

OLIVEIRA (2009) relata sobre o potencial pedagógico do erro, pois, em uma atividade experimental investigativa sobre a produção do biodiesel, os estudantes elaboraram propostas de procedimento experimental incoerentes com a literatura química e produziram sabão e glicerina ao invés do biodiesel. Os estudantes tiveram a liberdade de executar os procedimentos experimentais incoerentes e no dia seguinte verificaram que os produtos formados não eram os esperados. Na sequência, os erros dos estudantes não provocaram punições, mas sim uma oportunidade de aprendizagem, sobre um novo conteúdo: sobre a produção de sabão. Além disso, os estudantes ficaram muito curiosos sobre o motivo de os procedimentos experimentais não terem atingido os resultados esperados.

Na etapa de apresentação dos resultados dos grupos, um grupo realizou o procedimento experimental adequado e o apresentou para os outros grupos. Assim, o erro durante uma atividade experimental investigativa, quando bem explorado, pode proporcionar novas aprendizagens aos estudantes.

CAPÍTULO 3 - QUESTÕES DE PESQUISA E METODOLOGIA

“A leitura do mundo precede a leitura da palavra”
(Paulo Freire)

O Capítulo 3 apresenta as questões de pesquisa e a metodologia proposta para a realização da coleta de dados. Além disso, são apresentados também os procedimentos para a análise dos dados obtidos.

3.1 - Questões de pesquisa

Os estudantes do Ensino Médio possuem dificuldades para aprender Química e, geralmente, não conseguem estabelecer relações apropriadas entre os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico. Muitos estudantes não compreendem o conceito de transformação química e apresentam dificuldades de aprendizagem para este assunto (MORTIMER e MIRANDA, 1995; ROSA e SCHNETZLER, 1998), que consiste em um conceito fundamental no estudo da Química, sendo o principal assunto trabalhado na 1ª série do Ensino Médio. Nesse contexto, delinea-se a questão que norteia este estudo:

Como ocorre a evolução dos modelos mentais de estudantes de 1ª série do Ensino Médio sobre conceitos químicos, quando eles são submetidos a atividades experimentais investigativas? Quais são os modelos mentais dos estudantes em relação às hipóteses elaboradas para a realização da atividade experimental investigativa?

Desse modo, o objetivo principal do projeto é analisar a evolução dos modelos de estudantes de 1ª série do Ensino Médio sobre conceitos químicos quando realizam atividades investigativas experimentais.

Assim, os objetivos específicos do presente trabalho estão listados a seguir:

a) Fazer uma parceria com o professor de Ensino Médio, no sentido de introduzir mudanças em sua prática pedagógica, valorizando a abordagem experimental investigativa;

b) Aplicar um questionário inicial para levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre conceitos importantes para o desenvolvimento do projeto;

c) Analisar os modelos mentais dos estudantes em relação aos procedimentos experimentais por eles propostos e sobre os conceitos químicos relacionados por meio de atividades experimentais investigativas;

d) Realizar um minicurso ao final do período letivo, com foco nas atividades experimentais investigativas.

Para alcançar tais objetivos, serão propostos vários instrumentos para a coleta de dados. Em investigações sobre modelos mentais de estudantes, é importante utilizar uma combinação de ferramentas diferentes na coleta de dados, como testes escritos e entrevistas, por exemplo, como apontam GIBIN e FERREIRA (2010), pois, geralmente, os modelos mentais expressos pelos estudantes são confusos e difíceis de compreender, como defende NORMAN (1983).

3.2 - Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida durante os horários das aulas de Química, o que necessitou da colaboração dos professores e dos estudantes e teve características de uma pesquisa do tipo etnográfica. A etnografia tem sua origem em pesquisas realizadas por antropólogos, para estudar a cultura e a sociedade. Na pesquisa do tipo etnográfica voltada para a investigação educacional, a preocupação é com o processo educativo (ANDRÉ, 1995).

WOLCOTT (1975, 1988) aponta que existem alguns requisitos para que a pesquisa seja configurada como uma pesquisa etnográfica. A pesquisa é realizada em campo, e as hipóteses de trabalho podem ser revistas e o problema inicial da pesquisa pode ser aprimorado. O pesquisador deve realizar a maior parte do trabalho de campo pessoalmente. O período de tempo em que o pesquisador mantém contato com a situação estudada pode variar muito, desde algumas

semanas até meses e anos. Por fim, a pesquisa etnográfica combina vários métodos de coleta de dados. É possível realizar a observação direta das atividades do grupo estudado e das entrevistas, bem como utilizar outros recursos, como: análises de documentos, filmagens, fotografias e outros, com a finalidade de fornecer um quadro mais vivo e completo da situação em estudo.

3.2.1 – Descrição das etapas para a coleta de dados

O estudo foi realizado com 11 turmas que possuem cerca de 40 alunos em cada uma das 1^{as} séries do Ensino Médio, de duas escolas públicas, uma situada na região central do município de São Carlos e a outra na região periférica do município de Ibaté. As escolas em que a pesquisa foi realizada foram a Escola Estadual Dr. Álvaro Guião e a Escola Estadual Orlando da Costa Telles, que agora serão denominadas respectivamente de Escola “1” e Escola “2”. O estudo foi realizado durante o período letivo de 2011.

De forma geral, a metodologia para a coleta de dados foi dividida em duas etapas:

1^a etapa: Avaliação durante o período letivo.

Durante o ano letivo, logo após um conteúdo ser trabalhado pelo professor, foi realizada pelos alunos uma atividade experimental investigativa e foram estudados os modelos mentais dos participantes. Dessa forma, um problema era proposto aos estudantes e pedia-se que eles elaborassem um procedimento experimental como forma de resolução daquela tarefa. Na sequência, os estudantes realizavam a mesma atividade, desta vez em grupos, para que o procedimento proposto por eles fosse mais elaborado, mais refinado. Além disso, os estudantes também expressavam seus modelos sobre o sistema, selecionando representações em nível submicroscópico na atividade. Em seguida, realizavam o experimento proposto em grupos e, por fim, havia uma discussão geral sobre os procedimentos executados e as conclusões obtidas.

Por meio da análise do rendimento dos estudantes, ao longo do período letivo, foi possível investigar se houve evolução ou não dos modelos mentais dos estudantes.

2ª etapa: Realização do minicurso no fim do ano letivo.

Após o término do ano letivo, foi oferecido um minicurso sobre trabalho em laboratório aos alunos interessados das duas escolas, que ocorreu nas dependências da Universidade. Durante o minicurso, foram selecionadas atividades experimentais investigativas da mesma natureza das realizadas durante o período letivo. O minicurso aconteceu durante o mês de janeiro de 2012, durante as férias escolares.

Por meio da análise do rendimento dos trabalhos durante o minicurso, foi possível investigar se houve aprendizagem significativa, conforme a teoria de Ausubel, por parte dos estudantes.

3.2.1 – Descrição das escolas e dos professores

A seguir, são apresentadas descrições das escolas em que foi realizada a pesquisa, bem como o perfil dos alunos participantes e dos professores parceiros do projeto.

3.2.1.1 – Escola “1”

A escola “1” fica localizada no centro do município de São Carlos e atende alunos de toda a cidade. No período da manhã, de modo geral, a clientela pertence a um nível socioeconômico elevado. No período noturno, a grande maioria dos estudantes é de trabalhadores, os quais, geralmente trabalham no centro da cidade e nas proximidades da escola.

A escola possui um laboratório de Química bem equipado, com grande quantidade de vidrarias e reagentes. Entretanto, suas banquetas eram muito antigas e foram se deteriorando ao longo do ano letivo. Além disso, infelizmente, o laboratório é subutilizado, sendo amplamente empregado como depósito de computadores, livros, apostilas e materiais antigos. A escola é muito requisitada pelos docentes no período de atribuição de aulas, portanto, geralmente, professores muito experientes assumem as aulas.

Ali, as professoras de Química são muito comprometidas com a aprendizagem dos estudantes, possuem muita experiência no ensino da disciplina; abraçaram a pesquisa e contribuíram com sua experiência pedagógica, várias vezes complementando as falas do pesquisador ou sugerindo pequenas alterações na dinâmica de sala de aula, com o objetivo de melhorar o trabalho. As professoras também colaboraram no sentido de manter a disciplina, pois os estudantes muitas vezes ficavam agitados quando havia aula experimental no laboratório. A professora “P1” tem doutorado em Química e é formada em licenciatura e, além disso, possui vinte anos de experiência lecionando Química. Essa professora sente-se segura em relação ao conteúdo trabalhado e procura imaginar abordagens alternativas de ensino de Química para atrair os alunos para a aula. A professora “P1” foi a responsável pelas turmas C, G e H dessa escola, sendo que as turmas G e H são do período noturno. A professora “P2” é formada em licenciatura por uma Universidade pública e também possui vinte anos de experiência no ensino de Química. Ela também se sente segura na sala de aula e já trabalhava com experimentação com as turmas, mas, geralmente, de forma demonstrativa ou tradicional. A professora “P2” foi a responsável pelas turmas A, B, D, E e F dessa escola, todas do período da manhã.

3.2.1.2. – Escola “2”

A escola “2” fica localizada na periferia do município de Ibaté e atende a um público de nível socioeconômico em geral baixo. A escola não possui um laboratório de Química e, dessa forma, uma sala de aula foi utilizada como laboratório improvisado para as atividades experimentais.

Os professores também contribuíram com o trabalho, com sugestões sobre a dinâmica de aula e também com a disciplina das turmas, pois os alunos não tinham trabalhado com experimentos e em algumas situações eles ficavam muito agitados. Os professores da escola receberam muito bem em suas práticas a atividade experimental investigativa. O professor “P3” é formado em Licenciatura em Química por uma Universidade pública e tem catorze anos de experiência, lecionando Química no ensino público do Estado de São Paulo. Esse professor é

muito respeitado pelos estudantes e sente-se seguro em relação à sua prática, pois já possui um bom tempo de experiência docente. O professor “P3” foi o responsável pelas turmas A e B dessa escola, do período da manhã. O professor “P4” também é formado em Licenciatura em Química por uma Universidade pública e possui quinze anos de experiência no ensino de Química. Esse professor também se sente seguro sobre seu conhecimento e é muito respeitado pelos estudantes. O professor “P4” foi o responsável pela turma C desta escola, do período noturno.

3.2.2 - Procedimentos para coleta dos dados

A seguir, serão apresentados todos os procedimentos realizados para a coleta de dados no presente trabalho.

Inicialmente, para a 1ª etapa do projeto, realizada no período de um ano letivo nas escolas, os professores forneceram seus planejamentos para que o pesquisador pudesse selecionar os experimentos e, em seguida, transformá-los em atividades investigativas que fossem comuns às duas escolas.

3.2.2.1 – Planejamento das atividades

Para o Ensino Médio das escolas estaduais de São Paulo, o Governo elaborou uma proposta curricular em espiral, embasada nas concepções pedagógicas de BRUNER (1973), que consiste na organização do currículo em uma sequência didática de conceitos apresentados em suas formas mais simples, e que depois são retomados e aprofundados. Na disciplina de Química, durante a 1ª série, o foco dos estudos é o conceito amplo de transformação química, e os conceitos que podem ser relacionados e posteriormente são retomados e aprofundados. Assim, o conceito central trabalhado em todo o ano letivo foi o de transformação química e os seus conceitos relacionados, como reagentes e produtos, entre outros.

A Proposta Curricular elaborada pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo foi adotada pelos professores parceiros do projeto como base para o planejamento. Dessa forma, como a pesquisa foi realizada por meio da

parceria com os professores do Ensino Médio e executada durante o horário das aulas, o planejamento das atividades experimentais investigativas tomaram por base a Proposta Curricular.

Assim, a partir dos planejamentos dos professores das escolas, foram elaborados mapas conceituais para auxiliar no planejamento das atividades elaboradas pelo pesquisador. Foi escolhida a produção de mapas conceituais, pois consiste em uma ferramenta muito útil para a elaboração de planejamento de atividades escolares, como exemplo, para uma aula, uma unidade de estudo ou até mesmo um curso, como discute MOREIRA (1998, 2006).

Os mapas produzidos evidenciaram os conceitos que são importantes como elementos (*tokens*) no desenvolvimento de um modelo mental sobre o conceito de transformação química.

Dessa forma, a partir dos mapas conceituais elaborados, os conceitos considerados como elementos (*tokens*) para o desenvolvimento dos modelos mentais sobre transformações químicas neste estudo são: reagentes, produtos, evidências de reações químicas, energia, Lei de Lavoisier, Lei de Proust e estequiometria. Para os conceitos de reagentes e produtos foram investigados também representações do nível submicroscópico. Os mapas conceituais podem ser vistos no CD-ROM anexo.

Na sequência, de acordo com os planejamentos fornecidos pelos professores, foram selecionados seis conteúdos para os quais seriam elaboradas as atividades investigativas: Lei de Conservação de massa, previsão de formação de produtos, combustão, tipos de combustão, estequiometria e reagentes limitantes e em excesso. Em seguida, foram elaborados experimentos tradicionais, os experimentos geradores, para cada um desses conteúdos, com o cuidado de não usarem reagentes com elevada toxicidade, a fim de garantir a segurança dos estudantes e evitar problemas com o descarte. Além disso, os reagentes e as vidrarias utilizados eram de fácil acesso em laboratórios ou poderiam ser utilizados materiais obtidos em supermercados ou farmácias. Os experimentos geradores encontram-se no Apêndice 1.

Por fim, os experimentos tradicionais, os geradores, foram convertidos para a abordagem investigativa. Assim, cada experimento se transforma em uma pergunta, em um problema para o estudante resolver por meio da elaboração de uma proposta de um procedimento experimental. Além disso, foram adicionadas

questões sobre outros conceitos já selecionados, importantes para a investigação dos modelos mentais dos estudantes.

3.2.2.2 – Questionário inicial

É importante ter em mente quais são os conhecimentos prévios dos estudantes em uma investigação, pois eles já chegam para uma aula de Química ou de Ciências com ideias sobre vários fenômenos e conceitos científicos, os quais, geralmente, são distintos daqueles considerados corretos (SCHNETZLER, 1992).

Assim, foi aplicado um questionário inicial, com doze questões objetivas, referentes a assuntos que seriam relacionados com a pesquisa. Inicialmente foram apresentadas seis questões sobre transformações, com duas delas voltadas para transformações físicas, duas sobre transformações biológicas e duas questões que abordam transformações químicas. Na sequência, havia uma questão com uma imagem com representações no nível submicroscópico e as demais questões também apresentavam imagens que forneciam evidências para que os estudantes formulassem uma hipótese como resposta de uma investigação. O questionário inicial encontra-se no Apêndice 2.

No questionário inicial, sempre que possível, foram adicionadas figuras nas questões, uma vez que o pesquisador possui experiência com a produção e avaliação de imagens voltadas para o ensino de Química e também realizou pesquisas que envolvem o levantamento de modelos mentais de estudantes sobre conceitos químicos por meio de imagens em seu trabalho de mestrado.

3.2.2.3 – Realização das atividades preparatórias

Antes de iniciar as atividades para a coleta de dados, foram feitas duas atividades preparatórias para a realização posterior das atividades experimentais investigativas pelos estudantes.

Para que um estudante possa realizar uma atividade experimental investigativa, ele deve conhecer os conteúdos conceituais, os conceitos químicos envolvidos e os conteúdos procedimentais, os reagentes, as vidrarias e procedimentos a serem realizados, ou seja, ele deve possuir todos os conhecimentos necessários para a resolução do problema (GIL-PÉREZ e VALDÉS CASTRO, 1996). Por este motivo, foram realizados dois experimentos tradicionais com os estudantes.

No primeiro experimento, os estudantes realizaram a produção de gás em sistema aberto e, posteriormente, em sistema fechado, com a medição da massa de todo o sistema. O roteiro experimental das atividades preparatórias encontra-se no Apêndice 3.

No segundo experimento, os estudantes realizaram transformações químicas e observaram as diferentes evidências de reações químicas como: liberação de luz, produção de gás, liberação e absorção de calor, formação de precipitado e mudança de coloração.

Assim, os estudantes quando começaram a estudar o conceito de transformação química, já haviam trabalhado no laboratório com as evidências de reações químicas, as vidrarias e os materiais necessários para a realização dos experimentos. Portanto, eles já teriam o primeiro contato com os conceitos e procedimentos e após o trabalho teórico do professor, já poderiam desenvolver a primeira atividade investigativa.

3.2.2.4 – Realização das atividades investigativas

Inicialmente, cabe salientar que as atividades investigativas elaboradas apresentam níveis de investigação entre 1 e 2, de acordo com a categorização proposta por BORGES, A. (2002). Assim, as perguntas são elaboradas pelo pesquisador e os procedimentos são elaborados pelos estudantes, mas existe uma lista de materiais e reagentes a serem utilizados, como forma de orientação na investigação e, por fim, as conclusões são elaboradas pelos estudantes. MUNFORD e LIMA (2007) apontam que, em muitos casos, o direcionamento que o professor realiza em uma investigação pode ser essencial para a aprendizagem, por exemplo,

quando a turma é inexperiente e não conhece esta abordagem de ensino ou quando o tempo é mais escasso, como em sala de aula. Dessa forma, como os estudantes não conheciam a abordagem investigativa e por conta do tempo reduzido de aula, é justificável o nível baixo de investigação adotado nas atividades.

Sobre os níveis de representação do conhecimento químico, os professores abordavam os conteúdos utilizando principalmente o nível simbólico, por meio de equações químicas. O pesquisador discutia os mesmos conteúdos por meio do uso dos níveis simbólico e submicroscópico. Por fim, os estudantes realizavam previsões sobre o sistema em nível submicroscópico e depois faziam experimentos, trabalhando o nível macroscópico.

Quando um professor finalizava um conteúdo teórico em sala de aula, o pesquisador iniciava uma atividade experimental investigativa. Inicialmente, o pesquisador levantava uma questão para os alunos elaborarem hipóteses que resultavam na realização de um procedimento experimental com a finalidade de responder a questão. As hipóteses elaboradas pelos alunos nesta etapa não foram registradas. Os alunos respondiam individualmente um questionário sobre essa questão em relação à elaboração de um procedimento experimental. Na sequência, eles respondiam duas questões sobre as representações submicroscópicas dos reagentes e produtos do sistema. Eram questões objetivas e apresentavam de três a quatro imagens como opções de escolha para os estudantes. Por fim, havia mais sete questões objetivas sobre os outros conceitos a serem investigados.

Na sequência, os estudantes se organizavam em grupos que variavam de duplas a quintetos e respondiam novamente a mesma atividade. O objetivo dessa etapa em grupo é introduzir a discussão entre os alunos, para que os modelos mentais dos estudantes se tornem mais elaborados, mais trabalhados (GIBIN, 2009) e que os procedimentos experimentais sejam mais detalhados e refinados.

Em seguida, cada grupo fazia a exposição de como pretendia realizar o procedimento experimental ao pesquisador e, se não houvesse nenhum problema em relação à segurança, o grupo realizava o experimento e, quando necessário, realizava anotações de dados coletados sobre o experimento. Após a finalização dos experimentos, os resultados dos grupos eram expostos e as conclusões sobre a questão abordada no início da atividade eram discutidos com a mediação do professor e do pesquisador.

Foram realizadas durante o ano letivo seis atividades experimentais investigativas. A primeira delas foi sobre a Lei de Lavoisier, em que os estudantes teriam que propor um experimento no qual pudessem observar a conservação da massa das substâncias. Na segunda atividade, os estudantes iriam realizar a queima da palha de aço e prever a quantidade de produto formado. A terceira atividade, sobre combustão, solicitou que os estudantes formassem um experimento para descobrir se um determinado combustível apresenta uma combustão completa ou incompleta. Na quarta atividade, os estudantes deveriam prever qual mistura de reagentes iria proporcionar a formação de maior quantidade de precipitado dentre cinco opções. A quinta atividade foi uma continuação direta da anterior, em que os estudantes deveriam determinar quais os reagentes em excesso e os limitantes das misturas realizadas anteriormente. Na última atividade os estudantes deveriam propor um experimento em que fosse possível calcular a quantidade de calor liberada durante a queima de um grão de amendoim. Todas as atividades completas encontram-se no Apêndice 4.

3.2.2.5 – Entrevistas

MOREIRA (1996) aponta que, para realizar uma investigação dos modelos mentais dos alunos, é preciso agir de forma indireta, ou seja, investigar os modelos mentais que são expressos pelos estudantes. Os modelos podem ser expressos de forma verbal ou pela elaboração de símbolos e desenhos. Dessa forma, o uso de entrevistas dos estudantes, aliado a testes escritos com ou sem imagens pode ser proposto como instrumento de coleta de dados em uma investigação sobre modelos mentais. Além disso, em uma entrevista, um estudante pode expressar-se melhor do que em um teste escrito, e isso é importante, já que, geralmente, os modelos mentais são incompletos e confusos (NORMAN, 1983). Assim, foram empregadas entrevistas semiestruturadas, para poder aprofundar alguns pontos que o questionário não consegue elucidar (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

Para o emprego das entrevistas, foram adotados os critérios propostos por DUARTE (2004) como: as razões para o uso da entrevista; critérios na seleção

dos entrevistados; número de entrevistados; como se deram as situações de contato; roteiro da entrevista e procedimentos de análise.

Para a realização das entrevistas, foram selecionados três estudantes de cada sala de aula. A seleção foi feita em relação ao desempenho desses alunos durante a primeira atividade. Foi escolhido um aluno de desempenho fraco, um com desempenho bom e um com desempenho ótimo. As categorias sobre o desempenho foram definidas como se segue:

A categoria de desempenho fraco corresponde ao acerto da questão até trinta por cento. A categoria de desempenho bom corresponde ao acerto de trinta por cento até setenta por cento. Por fim, a categoria ótimo corresponde ao acerto de setenta até cem por cento da questão.

Assim, para cada turma, três estudantes foram selecionados para as entrevistas sobre as atividades. Foram feitas entrevistas para cada atividade experimental investigativa, desenvolvida ao longo do ano letivo. Dessa forma, com onze salas de aula, foram entrevistados trinta e três estudantes no total. As entrevistas realizadas foram do tipo semiestruturada, como apontam LÜDKE e ANDRÉ (1986), pois havia um esquema básico, mas flexível, dependendo das respostas dos entrevistados.

Dessa forma, as entrevistas foram feitas basicamente utilizando-se as questões presentes nas folhas das atividades. Cada questão foi discutida, com a explicação dos estudantes para a seleção de cada alternativa nas questões. Além disso, foi produzido um guia para a entrevista, que se encontra no Apêndice 5. As entrevistas foram realizadas durante o período de aula, em que os professores liberavam os alunos selecionados para os encontros, que aconteciam no laboratório ou em salas de aula vazias. A análise das falas dos estudantes foi feita com base na literatura da área de educação química, por exemplo, o estudante poderia apresentar alguma concepção alternativa sobre um fenômeno que já fora amplamente discutida pela literatura.

3.2.2.6 – Filmagens

Pelo fato de os estudantes poderem apresentar dificuldades para se expressar em testes escritos (ANDERSON et al., 1992), foi proposta a realização de

filmagens, como ferramenta auxiliar para a coleta de dados. Assim, o objetivo das filmagens foi a reelaboração dos modelos mentais sobre os conceitos abordados nos experimentos. Dessa forma, foram fornecidas imagens impressas de todas as espécies químicas e os estudantes as dispunham, sobre uma mesa, representando o sistema, cujo registro foi filmado após os estudantes realizarem as atividades investigativas. Os estudantes faziam uma nova representação dos reagentes presentes no sistema, depois representavam os produtos. Além disso, os estudantes podiam explicar os seus motivos para as escolhas dos reagentes e produtos que representavam as reações ocorridas.

Para as filmagens, também foram selecionados os mesmos três alunos por sala de aula, que haviam realizado as entrevistas. Os critérios para a seleção dos estudantes foram os mesmos utilizados para a realização das entrevistas.

3.2.2.7 – Diário de campo

Um instrumento de coleta de dados usualmente empregado em pesquisas educacionais é o diário, em que é possível anotar o que se sente sobre si mesmo, sobre o grupo, o que se retém de uma conversa ou de uma teoria (BARBIER, 2004). Dessa forma, o diário pode ser escrito na forma de rascunho, ao qual, posteriormente, podem ser adicionados comentários e reflexões.

Assim, durante o ano letivo, foi produzido um diário de campo, em que foram relatados acontecimentos ocorridos durante as atividades desenvolvidas, além das impressões e observações realizadas nas escolas.

3.2.2.8 – Avaliação do projeto

Ao final do ano letivo, os estudantes responderam um questionário de avaliação do projeto. Além disso, os professores realizaram uma entrevista pela qual também fazem uma avaliação do projeto. O questionário de avaliação do projeto

pelos estudantes encontra-se no Apêndice 6, e o roteiro de entrevista com os professores consta no Apêndice 5.

Assim, o objetivo da avaliação do projeto pelos estudantes foi levantar as opiniões daqueles alunos sobre o motivo de gostar ou não de realizar as atividades, sobre o nível de dificuldade percebido por eles nas atividades, sobre as características adquiridas durante a execução do projeto e sobre a importância de cada etapa na realização das atividades.

O objetivo da avaliação do projeto pelos professores foi o de levantar as opiniões dos docentes sobre o impacto do projeto, no comportamento e na aprendizagem dos estudantes, em sua própria prática docente e sobre as características adquiridas pelos estudantes por meio da realização do projeto.

A metodologia proposta para a coleta de dados durante o período letivo é sintetizada na tabela 3.1 a seguir:

TABELA 3.1 – Cronograma da pesquisa desenvolvida durante o período letivo de 2011 em duas escolas da região de São Carlos – SP.

Sequência didática	Atividades desenvolvidas	Duração (aulas)	Metodologia
01	Questionário inicial	01	Aplicação de um questionário objetivo contendo doze questões.
02	Fase de adaptação 1	01	Experimento com uso de balança, emprego de sistema aberto e fechado.
03	Fase de adaptação 2	01	Realização de uma atividade experimental sobre evidências de reações químicas.
04	Aplicação - atividade 1 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
05	Aplicação - atividade 1 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
06	Aplicação - atividade 2 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
07	Aplicação - atividade 2 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
08	Entrevistas das atividades 1 e 2	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
09	Discussão das atividades 1 e 2	01	Discussão sobre as atividades, com apresentação dos resultados pelos estudantes.

Sequência didática	Atividades desenvolvidas	Duração (aulas)	Metodologia
10	Aplicação - atividade 3 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
11	Aplicação - atividade 3 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
12	Entrevistas da atividade 3	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
13	Discussão da atividade 3	01	Discussão com apresentação dos resultados pelos estudantes.
14	Aplicação - atividade 4 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
15	Aplicação - atividade 4 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
16	Entrevistas da atividade 4	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
17	Discussão da atividade 4	01	Discussão com apresentação dos resultados pelos estudantes.
18	Aplicação - atividade 5 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
19	Aplicação - atividade 5 (prática)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
20	Entrevistas da atividade 5	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
21	Discussão da atividade 5	01	Discussão sobre a atividade, com apresentação dos resultados pelos estudantes.
22	Aplicação - atividade 6 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
23	Aplicação - atividade 6 (prática)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
24	Entrevistas da atividade 6	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
25	Discussão da atividade 6	01	Discussão sobre a atividade, com apresentação dos estudantes.
26	Avaliação do projeto	01	Avaliação do projeto por meio de questionário.
27	Divulgação do minicurso	01	Divulgação do curso e inscrição dos alunos interessados.
TOTAL	22 aulas/turma		Total - 242 aulas/período letivo

Assim, estão apresentadas todas as etapas da metodologia, realizada para cada uma das onze turmas de primeira série do Ensino Médio, em que o projeto foi desenvolvido.

3.2.2.9 – Coleta de dados durante o minicurso

Após o ano letivo, foi realizado um minicurso nas dependências da Universidade, e dele participaram os estudantes interessados envolvidos no trabalho ao longo do ano letivo. Cabe salientar que todos os alunos participantes do projeto foram convidados para o minicurso, entretanto, apenas 31 estudantes das duas escolas compareceram. Os estudantes já estavam habituados à metodologia do trabalho e realizaram cinco atividades experimentais investigativas. Os conceitos abordados durante as atividades realizadas por eles foram: combustão, tipos de combustão, corrosão de um metal, formação de precipitado e previsão da quantidade de calor liberada da queima de um alimento. Essas experiências encontram-se no Apêndice 7, bem como os experimentos geradores.

Os experimentos do minicurso foram selecionados com foco nas transformações químicas envolvidas, visando à aplicação de conhecimentos adquiridos ao longo do período letivo em novas situações. Esta característica é importante, uma vez que torna possível investigar se os alunos apresentam indícios de aprendizagem significativa.

Para a coleta de dados durante essa etapa, da mesma forma como foi realizada durante o ano letivo, em cada atividade experimental investigativa foi empregada a resolução da atividade escrita individual e em pequenos grupos.

Ao final do trabalho, os estudantes também realizaram uma avaliação do minicurso. O questionário de avaliação do minicurso pelos estudantes encontra-se no Apêndice 8.

A metodologia proposta para a coleta de dados durante o minicurso também foi sintetizada e apresentada na tabela 3.2 a seguir:

TABELA 3.2 – Cronograma do minicurso realizado durante o período de férias (início de 2012).

Sequência didática	Atividades desenvolvidas	Duração (horas)	Metodologia
01	Introdução – Combustão e oxigênio	01	Discussão sobre a combustão e o papel do gás oxigênio.
02	Oxidação da palha de aço	0,5	Realização de experimento da oxidação da palha de aço.
03	Aplicação - atividade 01 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
04	Aplicação - atividade 01 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
05	Discussão da atividade 01	0,5	Discussão com apresentação dos resultados pelos estudantes.
06	Combustão completa e incompleta	0,5	Discussão sobre os tipos de combustão (completa e incompleta).
07	Produção de gás oxigênio	0,5	Realização de experimento de produção do gás oxigênio
08	Discussão sobre o gás oxigênio	0,5	Discussão sobre o papel do gás oxigênio em relação ao tipo de combustão (uso de vídeo).
09	Aplicação - atividade 02 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
10	Aplicação - atividade 02 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
11	Discussão da atividade 02	0,5	Discussão com apresentação dos resultados pelos estudantes.
12	Discussão sobre corrosão	01	Discussão teórica sobre a corrosão e técnicas que evitam a sua ocorrência.
13	Cobreação da palha de aço	0,5	Realização de experimento de cobreação da palha de aço.
14	Aplicação - atividade 03 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
15	Aplicação - atividade 03 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
16	Discussão da atividade 03	0,5	Discussão com apresentação dos resultados pelos estudantes.
17	Discussão sobre fogos de artifício	01	Discussão teórica sobre os fogos de artifício, com foco no teste de chama.

Sequência didática	Atividades desenvolvidas	Duração (horas)	Metodologia
18	Teste de chama	0,5	Realização de experimento de identificação de alguns sais por meio do teste de chama.
19	Aplicação - atividade 04 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
20	Aplicação - atividade 04 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
21	Discussão da atividade 04	0,5	Discussão com apresentação dos resultados pelos estudantes.
22	Discussão sobre tipos de alimentos	0,5	Discussão teórica sobre carboidratos, sais minerais, lipídeos, proteínas e sobre calorias.
23	Teste de iodo e biureto	0,5	Realização de experimento de identificação de proteínas e carboidratos.
24	Aplicação - atividade 05 (teórica)	01	Elaboração de hipóteses individuais em instrumento escrito.
25	Aplicação - atividade 05 (experimental)	01	Elaboração de hipóteses em grupos e realização dos experimentos.
26	Discussão da atividade 05	0,5	Discussão com apresentação dos resultados pelos estudantes.
27	Avaliação do minicurso	0,5	Avaliação do minicurso por meio de questionário com questões objetivas e dissertativas
TOTAL			20 horas/turma

Dessa forma, estão apresentadas todas as etapas da metodologia realizada durante o minicurso oferecido para os estudantes das duas escolas.

3.2.3 - Análise dos dados

O processo de aprendizagem é complexo e, por isso, para realizar a avaliação de uma atividade didática, muitas vezes é preciso recorrer a vários referenciais teóricos. Assim, para a compreensão e discussão dos dados obtidos nesta pesquisa, foram selecionados alguns referenciais. A teoria de modelos mentais foi utilizada como principal referencial teórico para a análise dos dados. Inicialmente foi realizada uma coleta de dados para saber se os estudantes tinham

desenvolvido a habilidade de observar evidências de um fato ocorrido qualquer (científico ou não) que tivesse deixado pistas para sua elucidação. Conhecer as habilidades dos participantes em identificar evidências era importante para a realização dos trabalhos de pesquisa.

Além disso, foram trabalhadas as atividades experimentais investigativas como forma de auxiliar o desenvolvimento dos modelos mentais dos estudantes sobre os conceitos químicos e sobre as hipóteses de procedimento experimental durante o ano letivo e no minicurso. Por fim, a teoria da aprendizagem significativa foi empregada durante o minicurso para analisar como o desenvolvimento de modelos mentais pode ter contribuído para a aplicação dos conceitos trabalhados em contextos diversos.

A figura a seguir representa na forma de um esquema, um quadro teórico em que é sintetizada a forma pela qual os dados serão analisados e discutidos.

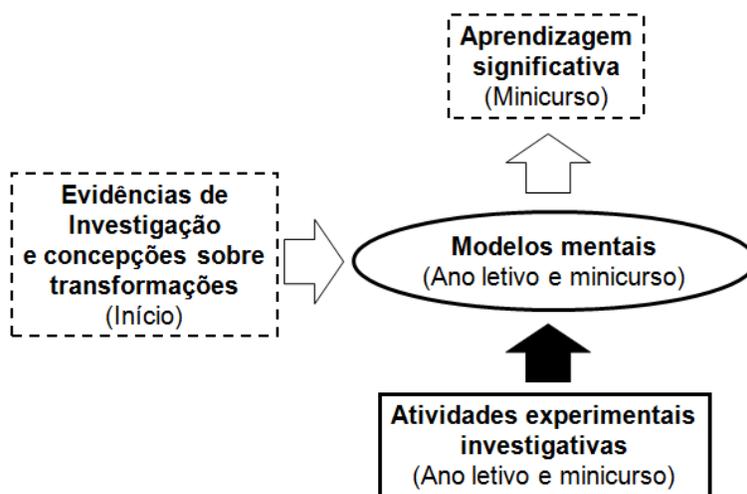


FIGURA 3.1 – Síntese do uso dos referenciais teóricos empregados na análise dos dados.

A seguir, serão explicitados os procedimentos para a análise dos dados, como as categorias de classificação, propostas para os procedimentos elaborados pelos estudantes, bem como as categorias propostas para o desempenho dos estudantes durante as atividades e o rendimento deles ao longo do período letivo. Também serão abordados os procedimentos para análise do questionário inicial.

O questionário inicial foi elaborado para ser respondido de forma objetiva, com cinco alternativas; portanto, a análise foi realizada de acordo com os itens respondidos pelos estudantes.

Em relação às atividades experimentais investigativas, os procedimentos propostos pelos estudantes foram classificados em incoerentes, parcialmente coerentes e coerentes, considerando os procedimentos aceitos pela comunidade científica (OLIVEIRA, 2009). Os procedimentos considerados incoerentes não utilizam conceitos científicos ou não se propõem a resolver o problema proposto. Os procedimentos considerados parcialmente coerentes empregam conceitos científicos, entretanto, por meio deles não se resolve o problema proposto. Os procedimentos coerentes são aqueles em que são empregados conceitos científicos pelos estudantes e que resolvem o problema proposto.

De forma semelhante, para o desempenho dos estudantes nas atividades em relação aos conceitos, foram propostas três categorias: fraco, bom e ótimo. O desempenho fraco consiste em o aluno acertar até trinta por cento da questão. O desempenho bom representa um acerto de trinta por cento até setenta por cento da questão. Por fim, o desempenho ótimo corresponde ao acerto de setenta por cento até cem por cento da questão.

Em relação ao rendimento dos estudantes durante o período letivo, também foi proposta uma categorização, com as seguintes categorias: evolução, oscilação, regressão, constante e dados insuficientes, que estão apresentadas na tabela 3.3. Os estudantes que apresentaram evolução em seu rendimento foram aqueles que seus desempenhos melhoraram com a realização das atividades. Por exemplo: um estudante que teve seu desempenho para determinado conceito na primeira e segunda atividade como fraco, depois na terceira atividade como bom e nas últimas três atividades como ótimo, foi considerado que o aluno apresentou uma evolução em seu rendimento. Os estudantes que apresentaram rendimento que iniciava e terminava com o mesmo desempenho foi categorizado como oscilação. Por exemplo: um estudante apresenta desempenho bom para um dado conceito na primeira atividade e na segunda, terceira e quarta atividades apresenta desempenho fraco, na quinta e sexta atividades apresenta novamente o desempenho bom. Este aluno seria classificado com um rendimento de oscilação. Estudantes que apresentaram desempenhos constantes durante as atividades foram categorizados

em relação ao rendimento como constante. Por exemplo: um estudante que tem o desempenho ótimo durante todas as atividades é classificado como rendimento constante. Para os estudantes que realizaram até duas atividades, foram categorizados como dados insuficientes, pois não é possível afirmar sobre o rendimento destes estudantes. Por meio destes critérios, os dados coletados sobre o rendimento dos estudantes foram analisados e discutidos amplamente.

TABELA 3.3 – Categorias de classificação sobre o rendimento dos estudantes ao longo do período letivo.

Rendimento	Atividade 1	Atividade 4	Atividade 6
Exemplo			
Evolução	Fraco	Bom	Ótimo
Oscilação	Bom	Fraco	Bom
	Bom	Ótimo	Bom
Regressão	Ótimo	Bom	Fraco
Constante	Fraco	Fraco	Fraco
	Ótimo	Ótimo	Ótimo

Consideramos os rendimentos de evolução e constante (neste rendimento a maioria dos estudantes apresentou apenas desempenhos ótimos) como evidências de que ocorreu aprendizagem. Para os rendimentos de oscilação e regressão, mesmo com uma abordagem diferenciada, os estudantes tiveram dificuldades de elaborar modelos adequados ou simplesmente não conseguiram desenvolver modelos na resolução das atividades.

Os termos desempenho e rendimento, apesar de sinônimos, foram utilizados com significados diferentes neste trabalho. O termo desempenho refere-se ao resultado pontual dos estudantes e rendimento teve significado dos resultados dos estudantes ao longo do tempo, seja no ano letivo ou durante o minicurso.

Além disso, durante o minicurso, o rendimento dos estudantes permitiu inferir a ocorrência de aprendizagem significativa ou mecânica, já que MOREIRA (1997) faz uma aproximação entre a teoria de modelos mentais de JOHNSON-LAIRD (1983) e a teoria de aprendizagem significativa de AUSUBEL et al. (1980), no sentido de que, quando um estudante utiliza modelos mentais na resolução de

atividades, isso é um indício de que ocorre aprendizagem significativa e, por outro lado, quando os estudantes não empregam modelos ou empregam modelos muito rudimentares, é evidência de que ocorre a aprendizagem mecânica, nos termos da teoria de AUSUBEL et al. (1980). Por fim, os conceitos serão trabalhados em contextos diferentes dos abordados durante o período letivo e, dessa forma, possibilitaram avaliar se houve ou não indícios de aprendizagem significativa dos estudantes.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

*“Você não pode ensinar nada a um homem;
você pode apenas ajudá-lo a encontrar a resposta dentro dele mesmo.”
(Galileu Galilei)*

O Capítulo 4 foi elaborado com a finalidade de expor e discutir os resultados da presente pesquisa. É importante salientar que a análise dos dados foi realizada à luz da teoria de modelos mentais de JOHNSON-LAIRD (1983) como principal referencial teórico e, na análise do minicurso, foi empregada a teoria de aprendizagem significativa de AUSUBEL et al. (1980) como referencial teórico complementar. Além disso, neste capítulo é apresentada uma análise detalhada sobre uma turma da Escola “1” e para as demais turmas os resultados estão abordados de forma sucinta, pois os critérios de análise de todas as turmas foram os mesmos aplicados àquela, cujos resultados foram relatados de forma detalhada.

4.1 – Considerações sobre a análise dos dados

Para a análise dos dados, foram adotadas as seguintes categorias para o rendimento dos estudantes: evolução, oscilação, regressão e constante. Dessa forma, partiu-se da possibilidade de os alunos já apresentarem dificuldades de aprendizagem de algum tipo, as quais podem ter sido ampliadas durante a realização do projeto, como concepções alternativas de conceitos ou fenômenos químicos, por exemplo.

Devido à natureza do projeto, de trabalhar com várias turmas numerosas, com cerca de 440 alunos no total, não foi realizada a tentativa de levantar as possíveis concepções alternativas dos estudantes, além de não ser o objetivo deste trabalho; entretanto, indícios de algumas delas foram detectadas durante a realização das entrevistas.

Outro ponto importante sobre a análise dos dados é que foi aplicada a mesma metodologia para todas as turmas. Para cada conceito, foi analisado o rendimento dos estudantes, se houve evolução, comportamento constante,

oscilação ou regressão. Além disso, foram apresentados exemplos retirados das atividades, das entrevistas e das filmagens de alguns alunos. Como as entrevistas e as filmagens não foram feitas para todos os alunos, elas foram empregadas como exemplos nas análises, sempre que possível. Para cada turma, é apresentada uma tabela em que se resume o rendimento dos estudantes para todos os conceitos abordados durante o período letivo.

Com o objetivo de evitar que o texto fique repetitivo, foi feita uma análise detalhada com a turma A da Escola “1” e para as demais turmas, são apresentados apenas os resultados gerais e comparados com o da turma A da Escola “1”. Com o mesmo intuito de não estender muito o texto, na análise detalhada, foram exemplificadas apenas três atividades de cada categoria de estudantes, segundo o seu rendimento durante o período letivo.

4.2 – Rendimento das turmas da Escola “1”

O rendimento das turmas da Escola “1” ao longo do período letivo será apresentado a seguir, bem como os resultados do questionário inicial, que tinha como objetivo levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conceito geral de transformação e sobre evidências em uma investigação, além de relatar também o desempenho dos estudantes durante as atividades em grupo.

4.2.1 – Turma A

4.2.1.1 – Questionário inicial

O questionário inicial teve por objetivo investigar as concepções prévias dos estudantes sobre os conceitos amplos de transformação e de evidências em investigações, importantes para a realização das atividades ao longo do período letivo (conceitos subsunçores). De modo geral, a turma apresentou bom desempenho no questionário inicial, demonstrando, assim, concepções prévias

adequadas para aqueles assuntos. Entretanto, houve dificuldades em uma questão sobre transformação biológica e numa outra sobre evidências em uma investigação.

As seis primeiras questões do questionário inicial abordam o conceito geral de transformação, com duas questões sobre transformação física, duas de química e outras duas sobre transformação biológica. As outras seis questões envolvem observações de evidências em uma investigação, como por exemplo: a observação de detalhes de uma cédula de dinheiro falsificada. A seguir é apresentada a discussão para cada questão.

Na primeira questão, sobre transformação física, a grande maioria dos estudantes (96,9%) apontou de modo adequado que na figura 4.1 ocorreria uma mudança de estado físico e apenas uma pequena parte (3,1%) indicou que a figura correspondia a etapas da produção de gelo. Esta pequena porcentagem de estudantes, que não considerou a mudança de estado físico, poderia ter sido maior, pois, geralmente, os alunos apresentam dificuldades sobre esse assunto e vários, inclusive, não consideram a existência de mudanças de estado físico “invisíveis”, como a evaporação, por exemplo (EICHLER, 2004). O elevado desempenho da turma pode ter sido em função de os estudantes terem aprendido o conceito de transformação física durante o último ano do Ensino Fundamental.

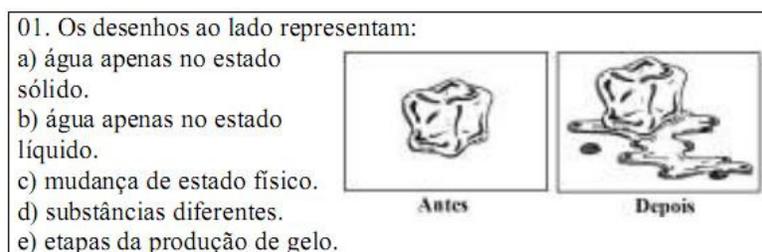


FIGURA 4.1 – Questão sobre transformação física presente no questionário inicial.

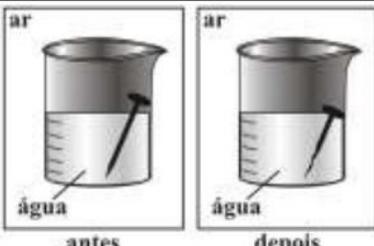
Na segunda questão, sobre transformação química, a maioria dos estudantes (59,4%) indicou de forma adequada que a figura 4.2 corresponde a um processo em que o prego sofre modificações quando em contato com a água. Uma parte significativa dos estudantes (18,8%) indicou que a presença do ferro altera as propriedades da água. Outra parte dos estudantes (15,6%) afirmou que a água faz com que o prego sofra apenas uma redução em seu tamanho. Por fim, pequena parte dos estudantes (6,2%) indicou que o prego é preservado quando em contato

com a água. Na literatura encontram-se trabalhos que abordam as dificuldades que os estudantes apresentam sobre o conceito de oxidação do ferro.

MORTIMER e MIRANDA (1995) apontam que alguns alunos explicam a ferrugem como uma “*mudança de estado do ferro*” em que “*o ferro vira pó*”, pois segundo os estudantes “*ferro e ferrugem são a mesma coisa em formas diferentes*”. Os autores também relatam que os estudantes explicam a oxidação do ferro da seguinte maneira: “*o ferro tem uma tendência natural a se enferrujar*”, atribuindo a uma “potencialidade” de transformação da substância.

02. Em relação à figura ao lado, é correto afirmar que:

- a) a presença do ferro altera as propriedades da água.
- b) a água faz com que o prego sofra apenas redução no tamanho.
- c) o prego é preservado quando colocado em água.
- d) a água utilizada tem alguma propriedade especial.
- e) o prego (ferro) sofre modificações quando colocado em água.



The figure consists of two beakers side-by-side. The left beaker is labeled 'antes' (before) and contains a clean metal nail partially submerged in water. The right beaker is labeled 'depois' (after) and contains the same nail, which is now covered in a reddish-brown rust. Both beakers are labeled 'ar' (air) at the top and 'água' (water) at the bottom.

FIGURA 4.2 – Questão sobre transformação química presente no questionário inicial.

Na terceira questão, sobre transformação física, a maioria dos estudantes (81,3%) afirmou adequadamente que a água faz girar as turbinas que produzem a energia elétrica. Uma parte dos estudantes (12,5%) apontou que a água resfria as turbinas que geram a energia elétrica e poucos (3,1%) indicaram que a produção de energia elétrica em uma hidrelétrica envolve diferentes estados físicos da água. Outro pequeno grupo de estudantes (3,1%) apontou que a água resfria as baterias que fornecem a energia elétrica. A questão é apresentada na figura 4.3. O desempenho elevado da turma, novamente apresentado em relação ao conceito de transformação física, provavelmente se deve ao fato de os estudantes terem estudado esse conceito na última série do Ensino Fundamental.

03. Aponte a alternativa que melhor explica como é produzida eletricidade em uma usina hidrelétrica.

- a) A produção envolve diferentes estados físicos da água.
- b) A água resfria as baterias que fornecem a energia elétrica.
- c) A água é evaporada e do vapor é retirada a energia elétrica.
- d) A água faz girar as turbinas que produzem energia elétrica.
- e) A água resfria as turbinas que geram energia elétrica.

FIGURA 4.3 – Questão sobre transformação física presente no questionário inicial.

Na quarta questão, sobre transformação química, a maioria dos estudantes (78,1%) relacionou de forma adequada a figura 4.4 com o processo de transformação que produz uma bebida alcoólica (vinho). Uma parte dos estudantes (12,5%) indicou que a figura 4.4 representa o processo de engarrafamento de uvas e uma pequena parte dos estudantes (9,4%) indicou que a mesma figura é representativa de dois produtos industrializados. Observa-se na literatura (RESENDE et al., 2010) que existem dúvidas sobre a produção do vinho, como exemplo, os estudantes não compreendem o processo de transformação química da fermentação alcoólica, em que o açúcar é transformado por microorganismos em álcool etílico. Assim, eles podem questionar-se, se é adicionado álcool à mistura de ingredientes na produção do vinho e é possível que dúvidas semelhantes tenham surgido durante a resolução desta questão.

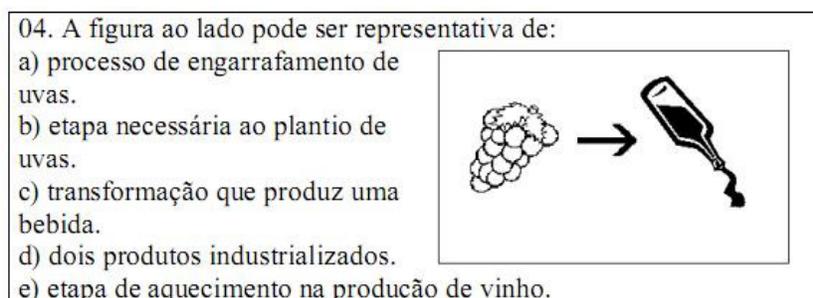


FIGURA 4.4 – Questão sobre transformação química presente no questionário inicial.

Na quinta questão, apresentada na figura 4.5, sobre um processo de transformação biológico e que trata mais especificamente sobre organismos geneticamente modificados (OGMs), de forma geral, os alunos apresentaram dificuldades. Pequena parte (12,5%) dos estudantes indicou de forma adequada que os genes de um organismo são alterados para que seus descendentes sofram mutação. A maioria dos estudantes (34,4%) indicou que um ser transgênico é obtido em laboratório a partir de materiais sintéticos. Uma parte significativa dos estudantes (25,0%) apontou que a produção de OGMs tem por objetivo preservar eternamente as características de um ser vivo. Outra parte dos estudantes (12,5%) apontou que a produção de OGMs somente pode ser aplicada no cruzamento entre duas espécies diferentes. Houve também uma pequena parte dos estudantes (6,2%) que não respondeu a questão.

As dificuldades encontradas pelos estudantes para este conceito, provavelmente são explicadas devido ao fato de o conceito ser avançado e ser abordado, geralmente, na terceira série do Ensino Médio. PEDRANCINI et al. (2008) apontaram que, mesmo alunos da terceira série do Ensino Médio, apresentam dificuldades com este tema. Assim, ideias confusas, fragmentadas e incoerentes são comuns sobre o assunto. PEDRANCINI et al. (2008) relatam, ainda, que alunos explicaram que organismos transgênicos são alimentos ou sementes produtos de reações químicas: “É uma química que usam para melhorar o desenvolvimento das sementes para que se desenvolvam melhor”. Outra resposta comum é: “Sei apenas, que são alimentos produzidos a partir de reações químicas e não são muito benéficos à saúde”.

05. Em relação à tecnologia utilizada na produção de organismos transgênicos, é correto afirmar que:

- a) os genes são alterados para que seus descendentes sofram mutação.
- b) um ser transgênico é obtido em laboratórios a partir de materiais sintéticos.
- c) somente pode ser aplicada no cruzamento entre duas espécies diferentes.
- d) tem como objetivo preservar as características de um ser vivo eternamente.
- e) a tecnologia somente pode ser aplicada em seres utilizados como alimento.

FIGURA 4.5 – Questão sobre transformação biológica presente no questionário inicial.

Na sexta questão, também sobre transformação biológica, a maioria dos estudantes (68,8%) relacionou de forma adequada a figura 4.6 com o desenvolvimento de um sapo, desde o estágio de girino até a idade adulta. Outra parte significativa dos estudantes (31,2%) afirmou que a figura 4.6 representa o ciclo de vida de um sapo, desde o nascimento até a morte. Cabe observar que estes estudantes não atentaram para o fato de que a imagem que representa o desenvolvimento do sapo não chega até a sua morte.

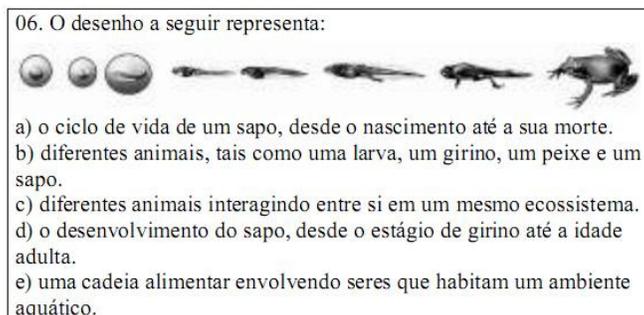


FIGURA 4.6 – Questão sobre transformação biológica presente no questionário inicial.

Na sétima questão, sobre evidências de investigação, uma parcela significativa dos estudantes (43,8%) apontou adequadamente que, com a cédula apresentada na figura 4.7, não é possível comprar nenhum produto, pois observaram evidências de que a cédula é falsa. Uma parte significativa dos estudantes (18,8%) indicou que com a nota da figura é possível comprar vinte litros de gasolina. Outra parcela elevada dos estudantes (34,4%) afirmou que é possível comprar uma cesta básica. Por fim, pequena parte dos estudantes (3,1%) propôs que com a nota da figura é possível comprar no máximo vinte dólares. Assim, uma quantidade expressiva de alunos (56,3%) não observou as evidências de que a cédula era falsa, como o fato de haver dois valores diferentes estampados nela. Na parte superior direita aparece o número “20” e no centro da cédula o número “50”. As outras evidências são: o nome errado da moeda nacional, com “REIS” no lugar de “REAIS” e a troca da palavra “BANCO” na parte superior esquerda por “BONCA”.

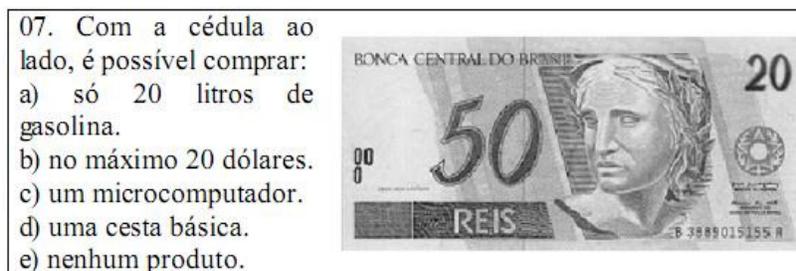


FIGURA 4.7 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.

Na oitava questão, presente na figura 4,8, que apresenta os níveis macroscópico e submicroscópico do conhecimento químico, a maioria dos estudantes (46,9%) relacionou de forma adequada a temperatura com a

movimentação das partículas da água, estabelecendo uma relação direta entre elas. Uma parcela significativa dos estudantes (28,1%) indicou que existe influência da temperatura na movimentação das partículas de água apenas na temperatura de 100°C. Outra parte dos estudantes (12,5%) apontou que, raramente, há influência da temperatura no movimento das partículas. Por fim, uma pequena parte (9,4%) afirmou que a temperatura influencia a movimentação de poucas partículas de água.

É surpreendente que a maioria dos estudantes tenha estabelecido adequadamente a relação entre o nível macroscópico e o submicroscópico, pois é uma relação difícil de ser elaborada e, geralmente, os estudantes apresentam muitas dificuldades nessa observação (GILLESPIE, 1997).

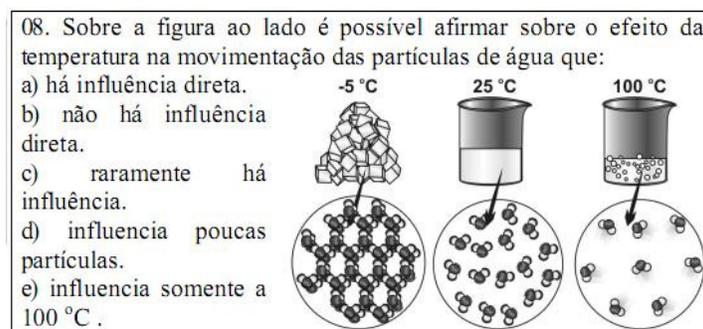


FIGURA 4.8 – Questão sobre representações submicroscópicas e macroscópicas de fenômenos presente no questionário inicial.

A nona questão, sobre evidências em uma investigação, trata especificamente sobre o trabalho de um perito criminal realizando uma análise de cena do crime apresentada na figura 4.9. A maioria dos estudantes (68,8%) relacionou corretamente a figura com o seu conteúdo e conseguiu elaborar uma boa hipótese sobre o teor da figura. Parte dos estudantes (12,5%) apontou que a figura 4.9 descreve um processo de medição de radioatividade. Outra parte dos estudantes (12,5%) relacionou a figura com a análise do grau de toxicidade ambiental. Por fim, pequena parte dos estudantes (6,2%) fez referência ao trabalho de um médico pesquisando uma doença.

09. Sobre a figura ao lado, a alternativa que melhor a descreve é:

- medição da radioatividade.
- perito analisando a cena do crime.
- análise do grau de toxicidade ambiental.
- médico pesquisando uma doença.
- trabalho de um fotógrafo de arte.



FIGURA 4.9 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.

Na décima questão, também sobre evidências em uma investigação, apresentada na figura 4.10, a maioria (56,3%) dos estudantes apontou que as linhas entre os círculos são de mesmo tamanho. Parte significativa dos estudantes (31,2%) afirmou que a primeira linha é maior. Parte desse grupo de estudantes traçou retas perpendiculares entre as duas linhas para poder relacionar o tamanho de uma linha com outra. Outra parte (9,4%) declarou que as linhas são perpendiculares e, por fim, alguns estudantes (3,1%) apontaram que as linhas são partes de um triângulo. Estes dois últimos grupos apresentaram dificuldades de compreensão em relação a conceitos matemáticos como o de linhas perpendiculares e de estrutura de um triângulo.

10. Sobre as linhas que unem as esferas da figura, pode-se afirmar que:

- a primeira é menor.
- são de mesmo tamanho.
- são perpendiculares.
- a segunda é menor.
- são partes de um triângulo.

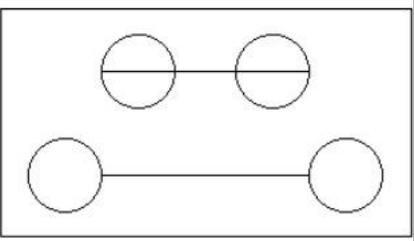


FIGURA 4.10 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.

Na décima primeira questão, também referente ao tema evidências em uma investigação e apresentada na figura 4.11, a maioria dos alunos (81,3%) relacionou corretamente a figura com a hipótese da presença de substâncias tóxicas. Parte dos estudantes (12,5%) apontou que a figura representa o chorume liberado nos lixões. Pequena parte (3,1%) apontou que são representados resíduos hospitalares e outra parcela (3,1%) afirmou que a morte dos peixes foi causada pelo excesso de calor e das chuvas fortes. A maioria dos estudantes também observou,

adequadamente, as evidências para elaborar hipóteses sobre o conteúdo da figura. Esta é uma questão que pode ser considerada de nível de dificuldade fácil.

11. A morte dos peixes, mostrada ao lado, pode ter sido causada por:

- a) resíduos hospitalares.
- b) chorume liberado nos lixões.
- c) ação de predadores dos peixes.
- d) excesso de calor e chuvas fortes.
- e) presença de substâncias tóxicas.



FIGURA 4.11 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.

Na última questão, apresentada na figura 4.12, nenhum estudante indicou de forma adequada que a figura está relacionada a um conflito armado. A maioria dos estudantes (56,2%) relacionou a figura à ocorrência de um incêndio. Parte significativa dos estudantes (31,2%) apontou que ocorrera um terremoto. Outros (9,4%) relacionaram a figura à ocorrência de uma praga. Pequena parte dos estudantes (3,1%) indicou que houve um desmoronamento.

Assim, para esta questão, houve muita dificuldade em observar as evidências presentes na figura 4.12 e elaborar a hipótese de que houve um confronto armado, já que na figura é possível observar que existem pessoas caídas e inclusive na parte inferior direita uma pessoa caída está armada. Outra evidência está presente na parte superior esquerda, com um soldado armado dando ordens para pessoas. Além disso, não é possível observar fogo, para que se pudesse propor a hipótese de um incêndio e também não há escombros para se supor um desmoronamento. Pode-se apontar que é uma questão difícil.

12. Sobre a figura ao lado é possível afirmar que aconteceu:

- a) um terremoto.
- b) um incêndio.
- c) uma praga.
- d) conflito armado.
- e) um desmoronamento.



FIGURA 4.12 – Questão sobre evidências em uma investigação presente no questionário inicial.

Em resumo, houve grandes dificuldades para a quinta questão, sobre transformação biológica e para a última questão, sobre evidências em uma investigação. Entretanto, em geral, a maioria dos estudantes dessa turma apresentou os conhecimentos prévios para obterem bons resultados nos trabalhos que seriam realizados durante o período letivo, já que estes conceitos abordados no questionário inicial eram importantes para que os alunos pudessem elaborar modelos mentais adequados e, além disso, tais conceitos constituem a base conceitual (subsunçores) necessária para a aquisição de aprendizagem significativa.

4.2.1.2 – Atividades ao longo do período letivo

O rendimento durante o ano letivo dos estudantes da turma A da Escola “1” pode ser resumido na tabela 4.1, que foi produzida excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (15,4%) de um total de 39 alunos. É possível observar nessa tabela que, ao longo do ano letivo, os estudantes apresentaram evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para o conceito de energia e de estequiometria. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de rendimento para as representações submicroscópicas de reagentes e produtos, para evidências de reações químicas, para os conceitos de energia, produtos, Lei de Proust e estequiometria. Além disso, houve regressão no rendimento de parte dos alunos para representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de evidências de reações químicas, para a Lei de Lavoisier e para os conceitos de reagentes e produtos. Por fim, houve rendimento constante de parte dos alunos para a representação submicroscópica dos produtos da reação e para a Lei de Proust.

TABELA 4.1 – Rendimento dos alunos da turma A da escola “1” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Procedimento	63,6	18,2	9,1	15,2
Reagentes (Submicroscópico)	15,2	72,7	12,1	0,0
Produtos (Submicroscópico)	15,2	39,4	24,2	21,2
Evidências	9,1	27,3	60,6	3,0
Energia	48,5	36,4	6,1	15,2
Lei de Lavoisier	12,1	18,2	60,6	9,1
Reagentes	0,0	21,2	69,7	9,1
Produtos	12,1	54,6	21,2	12,1
Lei de Proust	18,2	33,3	15,2	33,3
Estequiometria	30,3	36,4	12,1	21,2

Para alguns conceitos, como energia e estequiometria, além da elaboração da proposta de procedimento experimental, a abordagem experimental investigativa contribuiu para a ocorrência da evolução dos modelos mentais dos estudantes, de acordo com o que defende SUART (2008), de que essa abordagem desenvolve habilidades cognitivas dos estudantes.

A seguir, os dados serão explorados e a discussão sobre o rendimento dos estudantes para cada conceito será ampliada.

4.2.1.3 – Procedimentos experimentais propostos pelos estudantes

Inicialmente, serão apresentadas todas as atividades investigativas e, na sequência, estará relatada a análise do rendimento dos estudantes da turma para esse conceito.

Na primeira atividade, é solicitado que os estudantes elaborem um procedimento experimental, no qual seja possível observar a Lei da conservação das massas. Os reagentes utilizados são o vinagre e o bicarbonato de sódio e os materiais disponíveis são uma balança de cozinha digital, um erlenmeyer de 250 mL, uma bexiga, um elástico e uma espátula.

Para resolver o problema, um procedimento experimental possível seria adicionar o vinagre ao erlenmeyer e o bicarbonato de sódio dentro da bexiga e prender a bexiga na boca do erlenmeyer com o auxílio do elástico, de modo a manter o bicarbonato de sódio dentro da bexiga, medir a massa desse sistema e anotar no caderno. Em seguida, adicionar o bicarbonato presente na bexiga ao erlenmeyer, misturar com o vinagre e medir a massa do sistema novamente e observar que não ocorre alteração na massa do sistema. Todas as atividades investigativas completas podem ser observadas no Apêndice 4.

Para a segunda atividade, os estudantes devem propor um procedimento experimental sobre a queima da palha de aço e prever a massa do produto formado. Assim, os reagentes e materiais utilizados são dois pedaços de palha de aço, uma caixa de fósforos, uma balança de cozinha digital e um vidro de relógio grande. Para resolver o problema, um procedimento experimental consiste na medição da massa do sistema palha de aço e vidro de relógio e anotação do valor no caderno; em seguida, a realização da queima da palha de aço e por fim, a medição da massa do sistema novamente, e consequente anotação do valor para comparação das massas antes e depois da reação química.

Na terceira atividade foi proposto o seguinte problema aos estudantes: como é possível saber se na queima do álcool e do querosene ocorre combustão completa ou incompleta? Dessa forma, os reagentes e materiais disponíveis para os estudantes proporem o procedimento experimental foram os seguintes: dois vidros de relógio, duas lamparinas, álcool etílico (pode ser utilizado álcool de baixa combustão), querosene, duas provetas e uma caixa de fósforos.

Um procedimento experimental que resolve a questão é o seguinte: adicionar o combustível em uma lamparina e acender o pavio. Na sequência, colocar o vidro de relógio próximo à chama e observar se ocorre o acúmulo de fuligem no vidro de relógio. Se ocorrer, é indício de que ocorreu combustão incompleta e se não ocorreu, é evidência de que a combustão é completa. Outra evidência é a coloração da chama, se for azulada é indício de combustão completa e se for amarelada é provável que a combustão seja incompleta. Cabe salientar que, nessa atividade, os alunos elaboraram as propostas de procedimento experimental; entretanto, os procedimentos foram realizados pelo pesquisador, com o intuito de preservar a segurança dos estudantes.

Na quarta atividade, os estudantes deveriam fazer uma previsão sobre a quantidade formada de precipitado em uma reação química. Os materiais fornecidos foram: solução de hidróxido de cálcio e de sulfato de zinco de mesma concentração, balança de cozinha digital, cinco tubos de ensaio e o suporte para os tubos. Também foram apresentadas as condições de mistura das soluções para cada tubo de ensaio, por exemplo: adição de 2 mL de sulfato de zinco no tubo um e 10 mL de hidróxido de cálcio no tubo dois, na sequência, 4 mL de sulfato de zinco no tubo um e 8 mL de hidróxido de cálcio no tubo dois, até que fossem adicionados 10 mL de sulfato de zinco no tubo um e 2 mL de hidróxido de cálcio no tubo dois. Então, os estudantes deveriam descobrir em qual dos cinco tubos de ensaio iria ocorrer a produção da maior quantidade de precipitado. Na realidade, o procedimento que resolve o problema é o da mistura de 6 mL de hidróxido de cálcio com 6 mL de sulfato de zinco que proporciona a maior produção de precipitado, devido à proporção existente na reação química entre os reagentes, de “um para um”.

A quinta atividade é continuação direta da quarta atividade, e é desenvolvida com os mesmos materiais e reagentes. Assim, o problema proposto aos estudantes é descobrir se ainda existe algum reagente na solução presente nos tubos de ensaio, após a reação química. Um procedimento experimental possível na resolução do problema seria dividir o conteúdo de cada tubo de ensaio em dois tubos e adicionar, nos cinco tubos, o reagente hidróxido de cálcio, observando se ocorre a reação de formação de precipitado, pois se ocorrer é indício de que este reagente era o limitante e portanto, o sulfato de zinco era o reagente em excesso. Poderia ser realizado o mesmo procedimento utilizando-se o sulfato de zinco, sendo adicionado nos cinco tubos de ensaio e observando-se a formação de precipitado. Se houver a reação, é indício de que o sulfato de zinco era o reagente limitante, portanto estava presente na solução o hidróxido de zinco.

Por fim, na sexta atividade, foi proposto que os estudantes elaborassem um procedimento experimental para determinar a quantidade de calor liberada durante a queima de um grão de amendoim. Os materiais e reagentes disponíveis para os estudantes foram: uma balança de cozinha digital, uma proveta de 10 mL, um tubo de ensaio, um termômetro, um suporte universal, um clipe para papel, duas pinças para madeira, um grão de amendoim, fita adesiva, uma caixa de fósforos e o solvente água. Um procedimento experimental para a resolução do problema é o seguinte: no suporte universal, são afixadas duas pinças

de madeira. Em uma das pinças está preso um tubo de ensaio que contém 10 mL de água e na outra pinça está preso o termômetro, que está em contato com a água dentro do tubo de ensaio. Logo abaixo do tubo de ensaio, é afixado o amendoim no suporte universal, com o auxílio do clipe para papel e da fita adesiva. Na sequência, é anotado no caderno o valor da temperatura da água e o amendoim é queimado. É realizada a observação da temperatura até o término da queima do grão de amendoim. Por fim, é anotado o valor da temperatura da água e calculada a quantidade de calor envolvida na combustão.

Em relação aos procedimentos propostos pelos estudantes, houve expressiva evolução (63,6%) no rendimento dos alunos. Assim, é possível afirmar que, de acordo com o desempenho da turma no questionário inicial sobre as evidências de uma investigação, eles apresentavam os subsunçores necessários para a realização da atividade experimental investigativa. Parte dos estudantes (18,2%) apresentou oscilação de rendimento e outra parte (15,2%) teve rendimento constante. Poucos estudantes (9,1%) apresentaram regressão em seu rendimento. Assim, o trabalho com a metodologia de abordagem experimental investigativa se mostrou eficiente, pois os estudantes melhoraram suas propostas de procedimento experimental.

A maioria da turma (63,6%) apresentou evolução para a proposição de procedimentos experimentais na resolução de problemas, o que está de acordo com o que propõem HOFSTEIN e LUNETTA (2003), pois houve aprendizagem de conceitos devido ao planejamento das atividades experimentais, de interpretação e análise e comunicação de resultados para os outros estudantes. O rendimento da Aluna 10, durante o ano letivo, pode ser considerado um exemplo de evolução, pois na primeira atividade ela havia elaborado uma proposta de procedimento considerada parcialmente coerente, na quarta atividade sua proposta também foi parcialmente coerente e na sexta atividade seu procedimento proposto foi coerente com a literatura. Para a primeira atividade, sobre a proposta de um experimento em que seja possível observar a conservação da massa, no texto escrito individualmente, a Aluna 10 propôs uma hipótese considerada parcialmente coerente, pois explica a Lei de conservação de massa, entretanto não propõe um procedimento experimental que resolva o problema:

Observa-se que em um recipiente fechado quando há transformação química ou física o peso da massa (sic) não muda. (Aluna 10, Atividade 1)

Para a quarta atividade, sobre a previsão da massa de um produto de uma reação de precipitação, a Aluna 10 também apresentou uma proposta de experimento considerada parcialmente coerente, como se pode observar a seguir:

Primeiro pesar todos os materiais separadamente, depois pesar o tubo de ensaio somente com o sulfato de zinco e depois com o hidróxido de cálcio por fim pesar após a reação. (Aluna 10, Atividade 4)

No procedimento proposto pela aluna, não é apresentada uma previsão sobre a formação de produtos e também não aponta qual das misturas irá ter a maior massa de precipitado formado. Assim, nessa atividade, o desempenho da Aluna 10 foi considerado parcialmente coerente, pois existe a preocupação com a Lei da conservação das massas.

Para a última atividade, da determinação das calorias produzidas pela queima de um grão de amendoim, a Aluna 10 obteve um desempenho considerado coerente, como se observa a seguir:

Colocar água no tubo de ensaio e medir a temperatura queimar o amendoim embaixo do tubo de ensaio e medir novamente a temperatura da água. (Aluna 10, Atividade 6)

Assim, é possível observar que, apesar da simplicidade do texto e da falta de consideração aos aspectos matemáticos envolvidos na atividade, a aluna apresenta uma proposta de experimento que é coerente com a literatura e que resolve o problema proposto. Dessa forma, durante o ano letivo, a aluna apresentou uma melhoria em seus desempenhos nas propostas de procedimentos experimentais e, assim, seu rendimento foi classificado como evolução. Assim, pode-se inferir que a Aluna 10 e o grupo de estudantes que obteve esse rendimento para a proposição de procedimentos experimentais teve aprendizagem, pois a estudante elaborou modelos mentais mais complexos para este conceito, como defendem GRECA e MOREIRA (2002) e conseguiu aplicá-los com sucesso na resolução de uma situação-problema.

Uma parte dos estudantes (18,2%) apresentou oscilação em seu rendimento ao longo do período letivo. O rendimento da Aluna 17 pode ser considerado um exemplo, pois ela obteve um desempenho incoerente em sua

primeira atividade, coerente na terceira atividade e novamente incoerente na sexta atividade.

Na primeira atividade, sobre um experimento em que é possível observar a Lei de conservação de massa, a Aluna 17 apenas propõe: “*R: 2g de Bicarbonato de sódio, 20 mL de ácido acético*”. Desta forma, ela realiza uma tentativa de procedimento e apenas aponta uma lista de reagentes. Assim, o desempenho da aluna foi considerado incoerente. É possível que a aluna não tivesse compreendido o texto ou o que se pedia para fazer na tarefa, visto que esta foi a primeira atividade investigativa realizada.

Na terceira atividade, sobre combustão completa e incompleta, a Aluna 17 apresentou uma hipótese considerada coerente. Sobre como descobrir se a combustão do álcool e do querosene é completa ou incompleta, ela propôs o seguinte: “*Se for incompleta a cor da chama é amarelada ou laranja, se for completa a chama é azul*”. Assim, apesar do texto simples, sua proposta resolve o problema proposto e é coerente em relação à literatura.

Na sexta atividade, sobre a determinação do calor liberado na queima de um grão de amendoim, a Aluna 17 obteve um desempenho considerado incoerente, pois não é proposta a queima do amendoim, como se observa a seguir:

R: 1 tubo de ensaio e 1 termômetro, 1 proveta e 1 balança.
Usando o tubo de ensaio e o termômetro mede a quantidade de água, a proveta para apoiar os tubos, e a balança para pesar. (Aluna 17, Atividade 6)

Assim, o procedimento elaborado pela Aluna 17 não propõe de forma alguma que o amendoim seja queimado e, por conseguinte, que a água seja aquecida e sua temperatura medida antes e depois da queima. Portanto, a proposta desta aluna foi considerada incoerente. Dessa forma, foi observado um rendimento oscilante, em que inicialmente o desempenho foi incoerente, depois evoluiu para coerente e por fim retomou o desempenho incoerente. É possível supor que o grupo de estudantes do qual a Aluna 17 faz parte não esteja elaborando modelos mentais para alguns assuntos ou que seus modelos mentais sejam instáveis, como NORMAN (1983) defende.

Para a proposição de procedimentos experimentais, uma pequena parte dos alunos (9,1%) apresentou regressão durante o período letivo. O Aluno 9 apresentou um rendimento regressivo durante o período. Na primeira atividade, o

seu desempenho foi considerado coerente, na terceira e na última incoerentes. Na primeira atividade, se propõe um experimento no qual seja possível observar a Lei de conservação de massas. A seguir, pode-se observar o procedimento proposto pelo Aluno 9:

15 mL de ácido acético, e com uma espátula pequena colocar 1 grama de sódio pesar na balança.
Depois anotar a pesagem que ficou na balança e fazer os mesmos procedimentos só que com o sistema fechado e pesar novamente para ver se modificou o peso. (Aluno 9, Atividade 1)

Dessa forma, o estudante propõe uma comparação da realização das reações químicas em sistemas aberto e fechado, tornando a sua proposta coerente. Na sequência, na atividade três, sobre combustão completa e incompleta, o estudante dá uma resposta considerada incoerente, como se pode observar a seguir:

O que vai acontece (sic) que se usar $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ a combustão ficou completa e usando os mesmos reagentes só que com menos oxigênio (sic) a combustão fica incompleta. (Aluno 9, Atividade 3)

Assim, o Aluno 9 apresenta apenas uma explicação teórica e não um procedimento experimental para solucionar a seguinte questão: Como descobrir se a combustão do álcool e do querosene são completas ou incompletas? Por isso, sua resposta foi considerada incoerente.

Por fim, na atividade seis, sobre a determinação da quantidade de calorías de um grão de amendoim, o Aluno 9 também apresentou um desempenho incoerente. Ele apenas listou alguns dos materiais que poderiam ser utilizados no procedimento: “*Usaria termômetro, tubo de ensaio 1 clipe*”. Dessa forma o estudante obteve um rendimento regressivo durante o período letivo. Da mesma forma que os estudantes que apresentaram rendimento oscilante, é possível que esse grupo não tenha elaborado modelos mentais sobre as hipóteses necessárias para a resolução dos problemas ou que os modelos elaborados tenham sido excessivamente simplificados, como NORMAN (1983) aponta que é comum ocorrer.

Uma parte dos estudantes (15,2%) obteve rendimento constante para a elaboração de propostas de procedimento experimental durante o ano letivo. Cabe salientar que, para esse conceito, todos os estudantes que tiveram rendimento constante apresentaram desempenhos coerentes em todas as atividades realizadas.

Por exemplo, a Aluna 29 obteve um rendimento constante durante o período letivo, com desempenhos coerentes em todas as atividades. Na segunda atividade, sobre a queima da palha de aço e a previsão de sua massa final, a Aluna 29 propôs o seguinte procedimento: *“Pegar o bombril e colocar em um vidro de relógio, queimar e ver a massa novamente”*. Assim, apesar de muito simplificada, a proposta foi considerada coerente.

Na quarta atividade, sobre a previsão da formação da massa de precipitado, a mesma aluna 29 também obteve um desempenho coerente, como se observa a seguir:

Utilizando os tubos de ensaio, e a proveta medimos a quantidade de hidróxido (sic) cálcio (sic) e sulfato de zinco, de mesma concentração, juntos, colocados em tubo de ensaio (sic), com 6 ml cada um. (Aluna 29, Atividade 4)

A Aluna 29 resolve o problema proposto, de prever em qual tubo de ensaio haveria a produção da maior quantidade de precipitado, apontando o tubo que apresenta o mesmo volume de reagentes, pois a reação apresentava estequiometria “um para um” e os reagentes possuíam a mesma concentração.

Na sexta atividade, sobre a previsão da quantidade de calor da queima de um grão de amendoim, a estudante também apresentou um desempenho coerente: *“Quando o amendoim foi queimado a água no recipiente de cima vai fazer o termômetro subir a temperatura”*. Apesar de não ser uma descrição detalhada do procedimento, ela foi considerada coerente, pois permite resolver o problema proposto. Assim, a estudante apresentou um rendimento constante, apenas com desempenhos coerentes. Como todos os estudantes que obtiveram rendimento constante para esse conceito apresentaram apenas desempenhos coerentes durante as atividades, é possível supor que, mediante a atividade experimental investigativa, os estudantes desenvolveram habilidades cognitivas, como observou SUART (2008).

4.2.1.4 – Representação submicroscópica dos reagentes do sistema

Em relação à representação submicroscópica dos reagentes do sistema, uma quantidade expressiva de estudantes (72,7%) dessa turma apresentou

oscilação no seu rendimento. Parte dos estudantes (15,2%) apresentou evolução em seu rendimento e outra parte (12,1%) teve regressão. Nenhum aluno apresentou rendimento constante para este assunto.

Parte dos estudantes (15,2%) apresentou evolução para esse conceito durante o período letivo. O Aluno 2 apresentou evolução na aprendizagem, pois na primeira atividade seu desempenho fora fraco, na quarta e na última atividades apresentou modelos considerados ótimos.

Na primeira atividade, o Aluno 2 apontou como representação de um sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético a figura 4.13, como é possível observar a seguir:

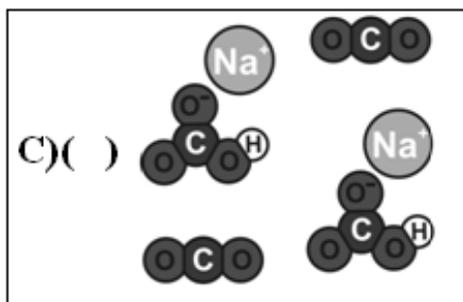


FIGURA 4.13 – Representação do sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético apontado pelo Aluno 2 (Atividade 1).

Assim, o Aluno 1 apontou em sua atividade individual que havia gás carbônico e bicarbonato de sódio nos reagentes, indicando não ter estabelecido uma relação adequada entre os níveis macroscópico e submicroscópico. Como afirma GILLESPIE (1997), é difícil relacionar o nível macroscópico, que é concreto, como um experimento realizado pelos estudantes, com o nível submicroscópico, que é invisível, abstrato, e representado por átomos, moléculas e íons.

Entretanto, após a discussão sobre a atividade e durante a realização da filmagem sobre aquela prática, o aluno aparentemente relacionou de forma adequada os níveis macroscópico e submicroscópico, como se pode observar na figura 4.14 a seguir:

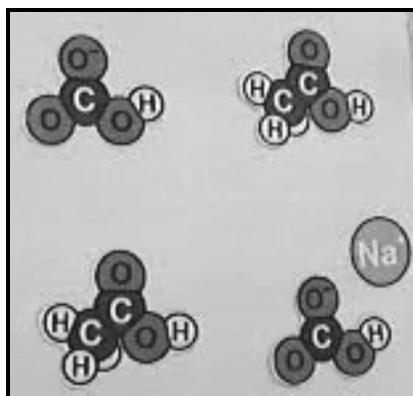


FIGURA 4.14 – Representação do sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético apontado pelo Aluno 2 (Filmagem sobre a atividade 1).

Na quarta atividade, o Aluno 2 apresentou um ótimo desempenho, apontando uma representação adequada de um sistema que contém hidróxido de cálcio e sulfato de zinco, como se pode observar na figura 4.15 a seguir:

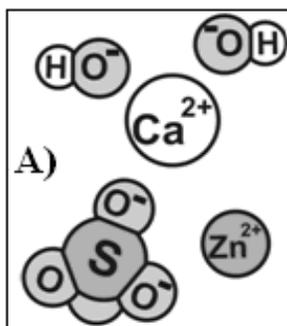


FIGURA 4.15 – Representação do sistema que contém hidróxido de cálcio e sulfato de zinco apontado pelo Aluno 2 (Atividade 4).

Após a realização da atividade, durante a entrevista, esse aluno afirmou que não houve dificuldade para a realização da questão, o que indica que ele passou a estabelecer relações adequadas entre os níveis de conhecimento químico.

Na sexta atividade, o Aluno 2 também apresentou um desempenho ótimo, em que apontou de forma adequada um sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio como reagentes, como é possível ver na figura 4.16 a seguir:

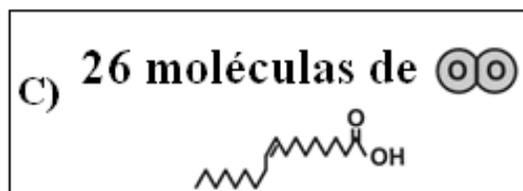


FIGURA 4.16 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pelo Aluno 2 (Atividade 6).

Assim, o estudante apresentou uma evolução em seu rendimento durante o período letivo. Ele começou estabelecer relações adequadas entre os níveis de representação macroscópico, referente à realização do experimento, e o nível submicroscópico das representações do sistema dos reagentes. O fato de realizar os experimentos, trabalhando o nível macroscópico e visualizando o sistema em nível submicroscópico pode ter contribuído para esse processo, pois RUSSEL et al. (1997) indicam que o estabelecimento de relações entre estes níveis de conhecimento químico promove uma melhora na aprendizagem.

Parte significativa dos estudantes (72,7%) apresentou oscilação em seu rendimento ao longo do ano. A Aluna 6 apresentou um rendimento oscilante, pois na primeira atividade obteve desempenho fraco, na terceira ótimo e na última atividade voltou a ter desempenho fraco.

Na primeira atividade, a Aluna 6 selecionou um sistema que apresenta gás carbônico e ácido acético para representar um sistema que contém como reagentes bicarbonato de sódio e ácido acético. A figura que a aluna selecionou pode ser observada a seguir:

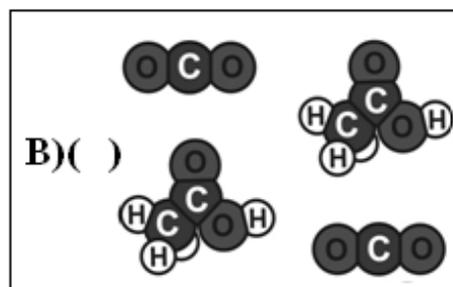


FIGURA 4.17 – Representação do sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético apontado pela Aluna 6 (Atividade 1).

Na terceira atividade, a aluna apresentou um desempenho ótimo, selecionando corretamente os sistemas que representam os reagentes da queima

do álcool (álcool e gás oxigênio) e da queima do querosene (querosene e gás oxigênio), como é possível observar na figura 4.18 a seguir:

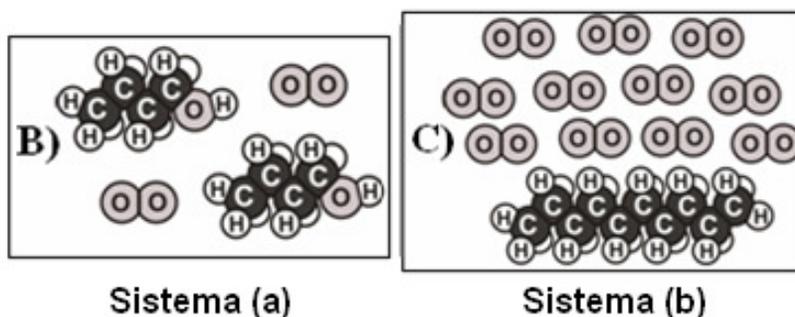


FIGURA 4.18 – Representação dos sistemas que contêm (a) álcool e gás oxigênio e (b) querosene e gás oxigênio apontados pela Aluna 6 (Atividade 3).

Assim, a Aluna 6 apresentou uma boa relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico, em relação aos reagentes dessa atividade, pois, provavelmente, desenvolveu uma visualização do sistema químico em nível submicroscópico, defendido por TURNER (1990) como quesito necessário para uma boa compreensão de um fenômeno químico.

Por fim, a Aluna 6 apresentou um desempenho fraco na última atividade, pois os reagentes disponíveis eram óleo de amendoim e gás oxigênio e ela selecionou um sistema que representa o óleo de amendoim, gás carbônico e água, como pode ser observado na figura 4.19 a seguir:

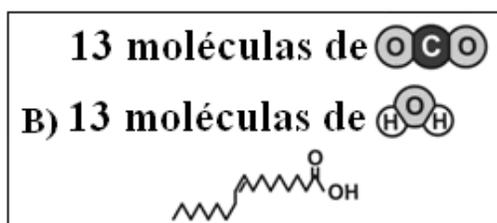


FIGURA 4.19 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pela Aluna 6 (Atividade 6).

Os modelos mentais muitas vezes podem ser instáveis e incompletos, como aponta NORMAN (1983), portanto, é possível que os estudantes tenham elaborado modelos inadequados sobre o sistema em nível submicroscópico em algumas atividades e que tenham elaborado modelos adequados sobre o sistema em outras atividades.

Outra parte dos estudantes (12,1%) regrediu em seu rendimento. O Aluno 30 representa esse grupo de estudantes, pois, na primeira atividade, obteve um desempenho ótimo, na quarta e na última atividade apresentou um desempenho fraco.

Na primeira atividade, o Aluno 30 selecionou adequadamente uma representação em nível submicroscópico para um sistema que contém os reagentes bicarbonato de sódio e ácido acético, como se pode observar na figura 4.20 a seguir:

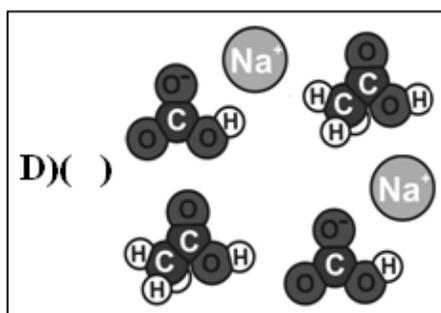


FIGURA 4.20 – Representação do sistema que contém bicarbonato de sódio e ácido acético apontado pelo Aluno 30 (Atividade 1).

Na entrevista, o Aluno 30 apontou dificuldade para esta questão: “Então, essa era a mais difícil, tinha que olhar na figura aqui em cima e ver as fórmulas, mas não entendi muito bem. (...) Olhava aqui embaixo também [na legenda], tá (sic) escrito bicarbonato de sódio”. Assim, o estudante apontou que não havia compreendido a questão e respondeu: “Essas fórmulas aqui, H, Na, essas coisas”. Assim, segundo este aluno, a maior dificuldade residia na linguagem química, no nível simbólico do conhecimento químico, como apontam BEN-ZVI et al. (1987). Esses autores apontam que os estudantes apresentam dificuldades em compreender os níveis de conhecimento químico.

Na quarta atividade, o estudante apresentou um desempenho fraco, pois para um sistema que contém como reagentes o hidróxido de cálcio e o sulfato de zinco, ele escolheu uma representação do hidróxido de zinco e sulfato de cálcio, conforme a figura 4.21 a seguir:

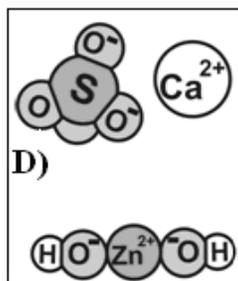


FIGURA 4.21 – Representação do sistema que contém hidróxido de cálcio de sulfato de zinco apontado pelo Aluno 30 (Atividade 4).

Na entrevista, o Aluno 30 aponta, novamente, dificuldades de compreensão em relação ao nível submicroscópico de representação: “*Essa das figuras eu não consegui não. Eu não sabia muito bem qual (sic) eram as fórmulas*”. Sobre a maior dificuldade neste conceito, o Aluno 30 revelou que “*Foi ver as fórmulas de antes e depois do experimento*”. Entretanto, durante as filmagens, o Aluno 30 elaborou uma representação dos reagentes adequada, conforme a figura a seguir:

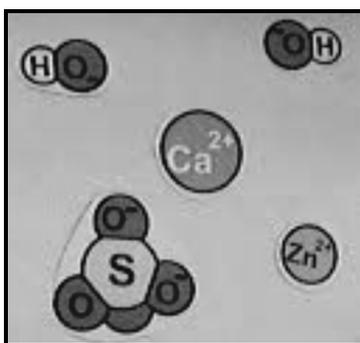


FIGURA 4.22 – Representação do sistema que contém hidróxido de cálcio de sulfato de zinco apontado pelo Aluno 30 (Filmagem da atividade 4).

Assim, apesar de ter errado durante a atividade individual, após os processos de elaboração do experimento e de discussão, é possível que o aluno tenha estabelecido uma relação apropriada entre os níveis macroscópico e submicroscópico, ou que tenha adquirido uma melhor compreensão sobre o nível submicroscópico, dificuldade que ele apontou para esta atividade.

Por fim, na última atividade, em que os reagentes presentes são óleo de amendoim e gás oxigênio, o Aluno 30 obteve um desempenho fraco novamente, pois apontou que o sistema apresenta gás carbônico, água e o óleo de amendoim, confundindo os produtos com os reagentes.

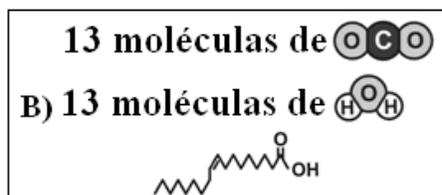


FIGURA 4.23 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pelo Aluno 30 (Atividade 6).

Durante a entrevista, o Aluno 30 apontou que a escolha foi aleatória, que foi “*no chute*”. Entretanto, na filmagem, elaborou uma representação coerente do sistema, como se pode observar na figura 4.24. Além disso, ele descreve o sistema na filmagem: “*Primeiro é esse daqui [representação da molécula de óleo de amendoim] e vinte e seis moléculas de gás oxigênio e óleo de amendoim. Esse é o [sistema] antes [da reação]*”.

Essa divergência entre as respostas na atividade escrita e nas entrevistas se deve, provavelmente, ao fato de os estudantes revisarem seus modelos mentais após a sistematização dos conteúdos realizada pelo pesquisador, como defende JOHNSON-LAIRD (1983) e, além disso, adicionarem elementos extras sobre um dado fenômeno, tornando seus modelos mais elaborados, como sustenta BORGES (1999).

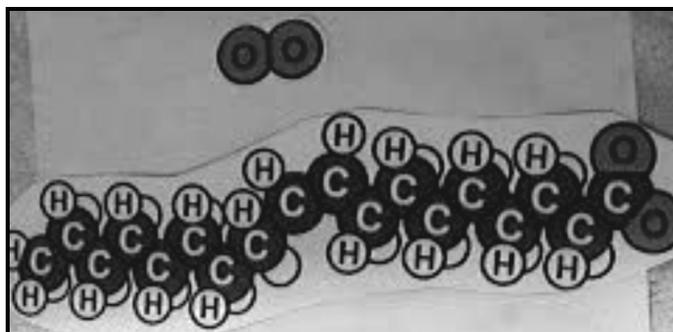


FIGURA 4.24 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pelo Aluno 30 (Filmagem da Atividade 6).

Desse modo, o estudante apresentou uma diminuição nos desempenhos nas atividades individuais escritas durante o período letivo para este conceito. Neste caso, é provável que os estudantes não tenham compreendido os níveis de representação do conhecimento químico, principalmente o significado do nível submicroscópico, o nível em que são representados átomos e moléculas, como

apontam BEN-ZVI et al. (1987) e, conseqüentemente, não tenham estabelecido relações adequadas entre eles, como relata GILLESPIE (1997), por exemplo, não relacionar o experimento realizado (nível macroscópico) com a representação das moléculas e outras espécies químicas (nível submicroscópico).

Por fim, nenhum estudante apresentou um rendimento constante (fraco, bom ou ótimo) para o conceito de reagentes durante o período letivo.

4.2.1.5 – Representação submicroscópica dos produtos do sistema

Em relação à representação submicroscópica dos produtos do sistema, boa parte dos estudantes (39,4%) apresentou oscilação no seu rendimento. Uma parte significativa (24,2%) apresentou regressão e outra parte (21,2%) teve rendimento constante. Outra parte (15,2%) ainda apresentou evolução para assunto.

O Aluno 30 é um exemplo deste grupo de estudantes que oscilou, pois obteve um desempenho ótimo na primeira atividade, fraco na quarta e novamente ótimo na última.

Na primeira atividade, o aluno propõe uma representação adequada dos produtos da reação, para as substâncias gás carbônico, acetato de sódio e água, representados na figura 4.25, a seguir:

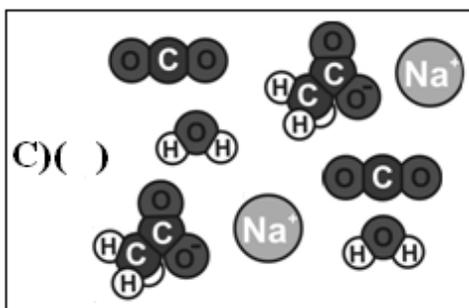


FIGURA 4.25 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pelo Aluno 30 (Atividade 1).

Na quarta atividade, o Aluno 30 obteve um desempenho fraco, ao representar um sistema com as seguintes substâncias como produtos: hidróxido de

zinco e sulfato de cálcio. A representação selecionada pelo aluno possui sulfato de cálcio e hidróxido de cálcio, como se pode observar na figura 4.26.

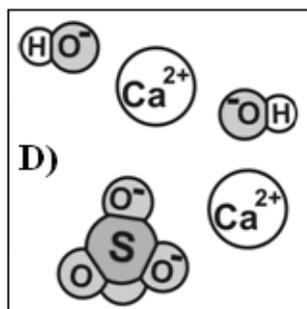


FIGURA 4.26 – Representação do sistema que contém hidróxido de zinco e sulfato de cálcio apontado pelo Aluno 30 (Atividade 4).

Entretanto, durante a filmagem, que ocorreu após a finalização da atividade quatro, o Aluno 30 elaborou uma representação coerente para o sistema com os produtos hidróxido de zinco e sulfato de cálcio, de acordo com a figura a seguir:

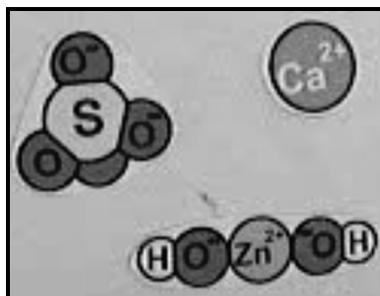


FIGURA 4.27 – Representação do sistema que contém hidróxido de zinco e sulfato de cálcio apontado pelo Aluno 30 (Filmagem da atividade 4).

Então, é possível que este aluno tenha estabelecido uma relação adequada entre os níveis macroscópico e submicroscópico após a realização da atividade.

Por fim, o Aluno 30 selecionou uma representação adequada para um sistema com os produtos gás carbônico e água, como se pode observar na figura 4.28. Essa representação foi considerada adequada e, portanto, o aluno teve um desempenho ótimo nesse conceito para esta atividade.

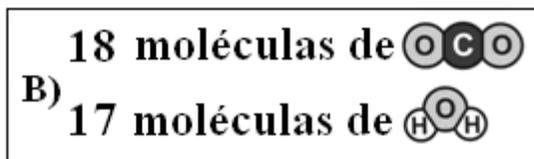


FIGURA 4.28 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pelo Aluno 30 (Atividade 6).

Dessa forma, o estudante obteve um rendimento oscilante ao longo do período letivo. O grupo de estudantes, do qual o Aluno 30 é representante, pode ter tido dificuldades na elaboração de modelos mentais para o conceito de representações submicroscópicas dos produtos, uma vez que é difícil estabelecer uma relação adequada entre os níveis de conhecimento químico para elaborar um modelo mental sobre um fenômeno/conceito químico, conforme aponta também GIBIN (2009), ao relatar sua pesquisa de mestrado.

Parte significativa dos estudantes (24,2%) dessa turma apresentou regressão para este conceito ao longo do ano letivo. A Aluna 17 é representante desse grupo, pois apresentou desempenho ótimo na primeira atividade, bom na terceira atividade e fraco na última atividade.

Na primeira atividade, a aluna apontou uma representação adequada sobre os produtos da reação, o acetato de sódio, gás carbônico e água, conforme pode ser observado na figura 4.29.

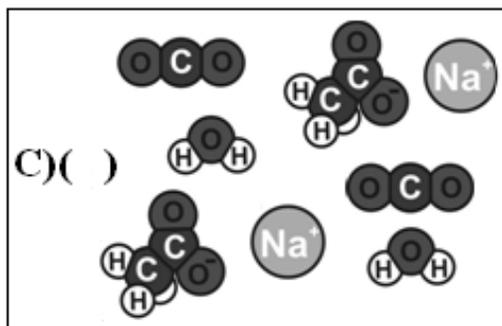


FIGURA 4.29 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pela Aluna 17 (Atividade 1).

Na terceira atividade, a Aluna 17 obteve um rendimento bom, pois selecionou um sistema adequado e outro inadequado sobre os produtos da queima de (a) álcool e (b) querosene. Foi considerada adequada para a queima do álcool a indicação de produção de gás carbônico e água e para a queima do querosene a

formação do gás monóxido de carbono e água. Assim, os sistemas que a Aluna 17 selecionou estão representados na figura a seguir:

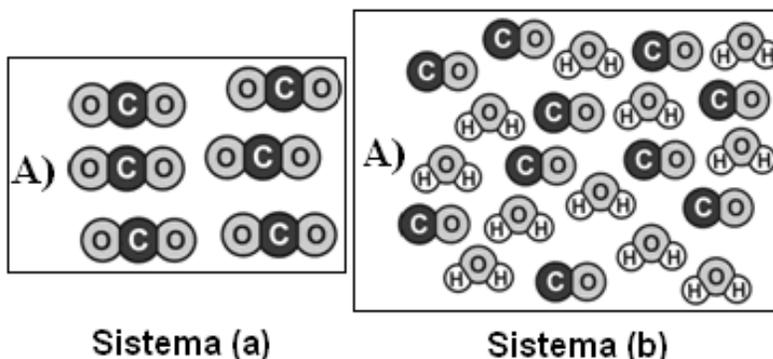


FIGURA 4.30 – Representação dos sistemas que contêm os produtos: (a) gás carbônico e água e (b) monóxido de carbono e água apontados pela Aluna 17 (Atividade 3).

Por fim, a Aluna 17 apresentou um desempenho fraco na última atividade, pois considerou que, na queima de óleo de amendoim, são formadas apenas moléculas de gás carbônico, como pode ser observado na figura a seguir:

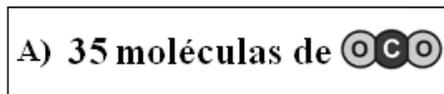


FIGURA 4.31 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pela Aluna 17 (Atividade 6).

O desempenho dos estudantes é coerente com o que NORMAN (1983) propõe: que os modelos mentais são confusos, instáveis e incompletos. Na terceira atividade, a Aluna 17 apontou que a queima de álcool produz somente gás carbônico e a queima do querosene produz monóxido de carbono e água, esquecendo-se da produção da água como produto da queima do querosene. Para a queima do amendoim, a aluna também propôs que os produtos consistem exclusivamente de gás carbônico, esquecendo-se da produção de água.

Uma parte significativa dos estudantes (21,2%) apresentou um rendimento constante para esse conceito. Dentre os estudantes que tiveram rendimento constante, a maior parte (85,7%) obteve desempenhos ótimos ao longo do ano e uma minoria (14,3%) apresentou desempenhos fracos. O Aluno 2 obteve

rendimento constante, com desempenhos ótimos em suas atividades sobre este conceito.

Na primeira atividade, o Aluno 2 teve desempenho ótimo, pois selecionou uma representação adequada do sistema com os produtos: água, acetato de sódio e gás carbônico, como se pode observar na figura a seguir:

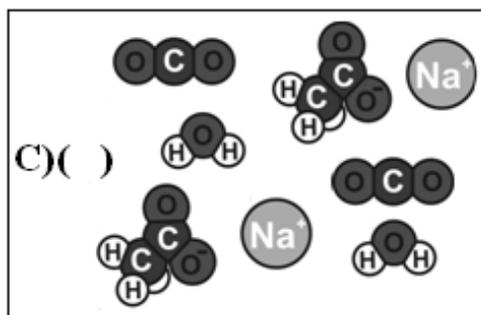


FIGURA 4.32 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pelo Aluno 2 (Atividade 1).

Em sua entrevista, o Aluno 2 considerou sobre a questão: “A dificuldade foi que eu não sabia qual das substâncias que ia ter depois [da reação química]”. Assim, para ele, a previsão dos produtos da reação foi o fator que tornou a questão difícil de responder.

Na quarta atividade, o Aluno 2 também obteve rendimento ótimo, com a seleção de um sistema que apresenta, adequadamente, os produtos da reação, sulfato de cálcio e hidróxido de zinco, conforme a figura 4.33. Assim, parece que o aluno teve uma boa compreensão sobre o fenômeno, como TURNER (1990) aponta: foi estabelecida uma relação adequada entre os níveis macroscópico e o submicroscópico.

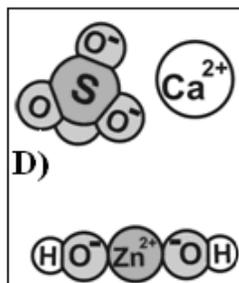


FIGURA 4.33 – Representação do sistema que contém hidróxido de zinco e sulfato de cálcio apontado pelo Aluno 2 (Atividade 4).

Durante a entrevista, o Aluno 2 comentou que não teve dificuldades para este conceito durante a resolução da atividade.

Por fim, na sexta atividade o Aluno 2 também apresentou desempenho ótimo, selecionando um sistema que contém gás carbônico e água como os produtos da queima do óleo de amendoim, conforme a figura a seguir:

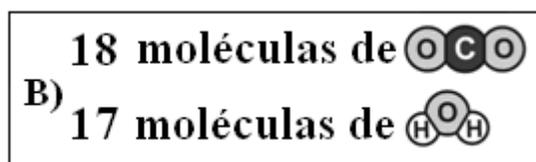


FIGURA 4.34 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pelo Aluno 2 (Atividade 6).

Na última atividade, o Aluno 2 relatou em sua entrevista que escolheu a opção apresentada na figura 4.34 com base nas figuras apresentadas na legenda. A legenda da atividade é apresentada na figura a seguir:

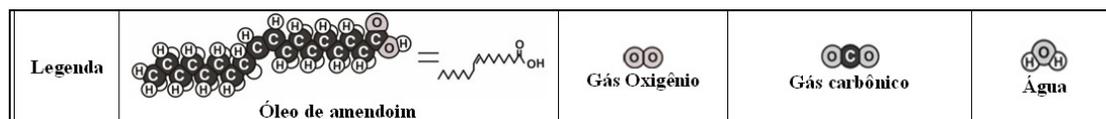


FIGURA 4.35 – Legenda das representações submicroscópicas (referente à atividade 3).

Assim, o Aluno 2 apresentou rendimento constante, sempre com desempenhos ótimos. Aparentemente, foi estabelecida a relação entre o nível macroscópico e o submicroscópico, pois, em todas as atividades sobre os produtos formados, o aluno selecionou as representações adequadas. Dessa forma, aparentemente, os estudantes desse grupo desenvolveram modelos mentais sobre a representação submicroscópica dos produtos e então se pode considerar que os modelos mentais foram construídos e reconstruídos de acordo com a necessidade, de acordo com o que JOHNSON-LAIRD (1983) propõe.

Por fim, outra parcela dos estudantes (15,2%) apresentou evolução em seu rendimento ao longo do período letivo. O Aluno 39 representa esse grupo, pois na primeira atividade teve desempenho fraco para esse conceito, na quarta e sexta atividades obteve desempenho ótimo.

Na primeira questão, o Aluno 39 obteve um desempenho fraco, pois selecionou um sistema que apresenta o íon sódio, gás carbônico e vinagre para representar os produtos gás carbônico, água e acetato de sódio. A figura 4.36, a seguir ilustra a representação selecionada pelo estudante:

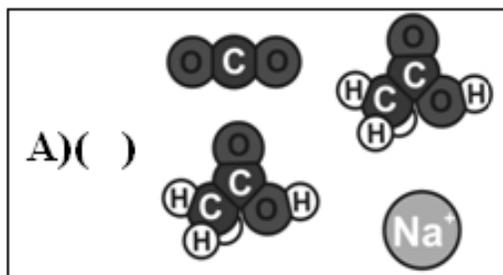


FIGURA 4.36 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pelo Aluno 39 (Atividade 1).

Durante a entrevista, o Aluno 39 atribui o erro na atividade à dificuldade de compreensão: “A [questão] das figuras eu não entendi muito bem, não entendi mesmo. (...) Essa eu chutei, foi no chute”.

Na quarta atividade, o Aluno 39 apresentou desempenho ótimo, selecionando uma representação adequada de um sistema que possui os produtos de reação hidróxido de zinco e sulfato de cálcio, conforme a figura a seguir:

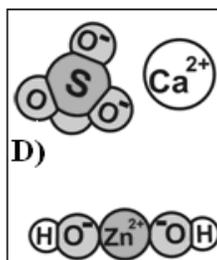


FIGURA 4.37 – Representação do sistema que contém hidróxido de zinco e sulfato de cálcio apontado pelo Aluno 39 (Atividade 4).

Na entrevista sobre a atividade quatro, o Aluno 39 afirmou que: “Essa [questão] eu achei a mais fácil que teve”. Assim, é possível que o estudante tenha realizado o que TURNER (1990) aponta como sendo o pensamento de um químico, ou seja, estabelecer relações adequadas entre os níveis macroscópico e o submicroscópico.

Na última atividade, o Aluno 39 também apresentou desempenho ótimo, selecionando uma representação submicroscópica adequada sobre os produtos da queima do óleo de amendoim, como se pode observar na figura a seguir:

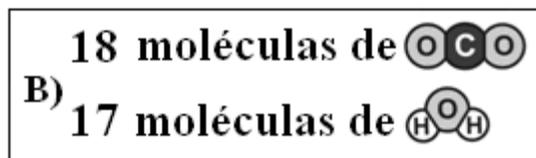


FIGURA 4.38 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pelo Aluno 39 (Atividade 6).

Assim, o estudante apresentou uma evolução durante o período letivo e, dessa forma, o rendimento desse grupo de alunos é coerente com a afirmação de BORGES (1999), a de que os modelos podem sofrer evolução e, dessa forma, são produzidos novos modelos, que apresentam novas informações.

4.2.1.6 – Evidências de reações químicas

Em relação às evidências de transformações químicas, grande parte dos estudantes (60,6%) apresentou regressão em seu rendimento. Parte significativa destes (27,3%) obteve oscilação em seu rendimento. Pequena parte (3,0%) teve rendimento constante e, por fim, uma pequena parte (9,1%) apresentou evolução para o assunto.

A maioria dos estudantes (60,6%) apresentou regressão em seu rendimento ao longo do ano letivo. O Aluno 3 é representante deste grupo, pois na primeira atividade teve desempenho ótimo, na quarta e na quinta atividades obteve rendimentos bons. Na primeira atividade, o Aluno 3 observou adequadamente a evidência da produção de gás como indício de transformação química. Na quarta atividade, também apontou corretamente que, no sistema, ocorreria uma mudança de coloração e formação de precipitado como evidências de reações químicas. Na quinta atividade, o Aluno 3 defendeu que, se um reagente estivesse em excesso, iria proporcionar uma alteração da temperatura, dessa forma estabelecendo uma

relação inadequada entre a temperatura e alteração de uma evidência de transformação química.

Na quinta atividade foi solicitado que os estudantes tentassem generalizar o tema reagente limitante e em excesso para outras reações químicas e a maioria não conseguiu, conforme SUART (2008) também observa, apesar de terem realizado atividades experimentais investigativas. Assim, o Aluno 3 apresentou uma regressão em seu rendimento sobre este conceito.

Uma parte significativa (27,3%) dos estudantes teve rendimento oscilante para a observação de evidências de reações químicas durante a realização das atividades. A Aluna 7 pode ser considerada um exemplo desse grupo, pois apresentou rendimento bom na segunda atividade, fraco na terceira e bom novamente na última atividade. Na segunda atividade, sobre a queima da palha de aço, a Aluna 7 apontou como evidência da transformação química a mudança de temperatura, a mudança de coloração mas não indicou a liberação de luz.

Na terceira atividade, sobre a queima do álcool e do querosene, ela indicou apenas a mudança de coloração e não apontou a mudança de temperatura e liberação de luz. Na última atividade, sobre a queima de um grão de amendoim, a Aluna 7 assinalou mudança de temperatura e de coloração.

Assim, a Aluna 7 apresentou uma oscilação em seu rendimento, possivelmente por apresentar dificuldades em relação ao conceito de evidências de reações químicas, uma vez que GIBIN e FERREIRA (2012) apontam que os estudantes podem apresentar dificuldades em relação à observação de evidências de reações químicas, mesmo quando realizam experimentos que apresentam mudanças expressivas no sistema. Dessa forma, mesmo com a realização dos experimentos, é importante a mediação do professor para mudanças observáveis em um sistema reacional.

Uma parte dos estudantes (9,1%) apresentou evolução no rendimento ao longo do período letivo. A Aluna 18 desenvolveu evolução, pois na primeira e terceira atividades teve desempenhos fracos e na última obteve desempenho bom. Na primeira atividade, da produção de gás a partir de bicarbonato de sódio e vinagre, a Aluna 18 indicou que as evidências de reação química fossem a mudança de temperatura e produção de gás e, entretanto, não houve alteração da temperatura. Na terceira atividade, sobre a queima de querosene e álcool, a estudante afirmou que a evidência de que ocorrera uma transformação química era

apenas a produção de gás e não indicou a liberação de luz e mudança de temperatura. Na última atividade, sobre a queima do amendoim, a Aluna 18 apontou que houve mudança de temperatura, de coloração e produção de gás, entretanto, não indicou que havia a liberação de luz.

Dessa forma, houve uma evolução no rendimento desta estudante e é possível que a realização das atividades experimentais tenha contribuído para a aprendizagem desse conceito. GALIAZZI et al. (2001) apontam alguns dos objetivos relativos à experimentação como a aprendizagem de conceitos teóricos, o desenvolvimento da observação, e a melhora da capacidade de trabalhar em grupo e desenvolver o raciocínio.

Por fim, uma pequena parte dos alunos (3,0%) obteve um rendimento constante. Apenas uma aluna, a Aluna 14 apresentou esse rendimento, com desempenhos bons nas atividades. Na segunda atividade, sobre a queima da palha de aço, ela apontou que houve a mudança de coloração como indício de reação química e não indicou mudança de temperatura e liberação de luz. Na terceira atividade, a aluna indicou ter ocorrido uma alteração da temperatura, entretanto, não apontou a liberação de luz. Sobre a última atividade, em que foi queimado um grão de amendoim, ela afirmou que houve produção de luz e mudança de temperatura, entretanto não apontou mudança de coloração do amendoim. Dessa forma, a Aluna 14 apresentou um rendimento constante. Novamente, é possível que existam dificuldades em relação ao conceito de evidências de reações químicas, já que os estudantes podem apresentar dificuldades sobre o assunto, mesmo quando realizam experimentos (GIBIN e FERREIRA, 2012).

4.2.1.7 – Energia

Em relação ao conceito de energia, praticamente metade dos estudantes (48,5%) apresentou evolução e pouco mais de um terço da turma (36,4%) apresentou oscilação em seu rendimento. Poucos estudantes (6,1%) tiveram rendimento que aponta para uma regressão. Por fim, outra parte dos estudantes (15,2%) apresentou rendimento constante para o assunto. Para este conceito, que é abstrato e muito amplo, foi utilizado o termo temperatura como

sinônimo de energia, embora esta não seja uma aproximação física aceitável, pois o termo “temperatura” é geralmente mais familiar para os estudantes.

A maior parte dos estudantes (48,5%) apresentou evolução em seu rendimento ao longo do período letivo. O Aluno 30 evoluiu em seu rendimento, pois na primeira atividade apresentou um desempenho fraco e na quarta e na última atividade obteve desempenho ótimo. Na primeira atividade, sobre uma reação com produção de gás em que não ocorre aumento de temperatura, ele indicou de forma inadequada que ocorre um aumento na temperatura. É interessante notar que, na entrevista, o aluno aponta que houve uma “fermentação” entre o bicarbonato de sódio e o vinagre: *“que com a fermentação ia aumentar a temperatura, né? Porque tá ocorrendo tipo uma queima, uma combustão, daí aumenta a temperatura também”*. Assim o estudante demonstra que, possivelmente, tem uma concepção alternativa sobre este conceito, semelhante a uma conhecida na literatura sobre a dissolução de um comprimido efervescente em água e a liberação de gás, e os estudantes consideram que o gás liberado é o ar ou o gás oxigênio (KIND, 2004).

Entretanto, não se pode afirmar com certeza sobre a existência da concepção alternativa, uma vez que não foi objeto de pesquisa do presente trabalho. Na quarta atividade, sobre uma reação com formação de precipitado em que também não ocorre mudança na temperatura, o Aluno 30 indicou que a temperatura permanece constante e, na entrevista, afirmou que não teve dificuldade nesta questão. Por fim, na última atividade, sobre a queima do amendoim, ele indicou adequadamente que ocorre um aumento da temperatura do sistema.

Assim, o Aluno 30 teve uma evolução em seu rendimento. Apesar de o estudante, possivelmente, apresentar uma concepção alternativa ou uma associação que relaciona simplesmente a efervescência com o aumento da temperatura. Ao longo do período letivo, houve a elaboração de modelos mentais sobre o conceito de energia, e são evidências da ocorrência de aprendizagem, de acordo com o proposto por GRECA e MOREIRA (2002).

Uma parte significativa (36,4%) dos alunos demonstrou oscilação no rendimento. O Aluno 39 pode ser considerado um exemplo desse grupo, pois apresentou desempenho ótimo na primeira atividade, fraco na quarta e ótimo novamente na última atividade. Na primeira atividade, o aluno apontou, adequadamente, que a temperatura permanece constante e afirmou na entrevista que não teve dificuldade. Na quarta atividade, o mesmo aluno indicou de forma

inadequada que a temperatura aumenta. Na entrevista, é interessante notar que ele afirma estabelecer uma relação entre o aumento de temperatura e a formação de precipitado: *“Essa também foi difícil, eu achei que aumentava por causa da coloração e formação do gelzinho branco. Hoje eu acho que permanece constante”*. A colocação do estudante parece resultar da presença de uma concepção alternativa que relaciona a presença do pó insolúvel com um aumento de temperatura. Na última atividade, ele afirmou de forma adequada que ocorre um aumento de temperatura e conclui em sua entrevista que é por causa do fogo.

Dessa forma, o aluno obteve oscilação em seu rendimento ao longo do ano letivo. Possivelmente houve concepções alternativas sobre este conceito, e elas, geralmente, são resistentes a mudanças (MUNFORD e ROBINSON, 2002), pois as concepções alternativas são cientificamente incorretas, mas apresentam coerência para o estudante e explicam o fenômeno e, dessa forma, adquirem estabilidade na estrutura cognitiva dos estudantes (MOREIRA et al., 2002).

Outra parte (15,2%) dos alunos apresentou rendimento constante ao longo do ano letivo e todos tiveram ótimos desempenhos nas atividades. A Aluna 15 representa esse grupo, pois, na segunda atividade, sobre a queima da palha de aço, ela apontou de forma adequada que ocorre um aumento na temperatura do sistema. Na quarta atividade, afirma também adequadamente, que não há alterações na temperatura. Por fim, na última atividade afirma que a temperatura aumenta no sistema. Assim, foi possível observar que a Aluna 15 apresentou um rendimento constante, com desempenhos ótimos nas atividades. Desta forma, os estudantes desenvolveram modelos mentais sobre o conceito de energia e de acordo com JOHNSON-LAIRD (1983), houve compreensão sobre o conceito.

Por fim, uma pequena parte (6,1%) dos estudantes obteve regressão no seu rendimento. O Aluno 11 é representante desse grupo, pois na primeira e segunda atividade teve desempenhos ótimos e na quinta obteve rendimento fraco. Na primeira atividade, afirmou de forma adequada que a temperatura permanece constante. E na segunda, também apontou, adequadamente, que ocorreria um aumento na temperatura.

Entretanto, na quinta atividade, estabeleceu uma relação inadequada entre a ocorrência da diminuição da temperatura em função de o sistema apresentar algum reagente em menor quantidade (limitante). Nesta quinta atividade, o estudante não conseguiu apresentar uma generalização do conceito de energia para

as demais reações químicas, apesar de realizar uma atividade experimental investigativa. Conforme o relato de SUART (2008), de que a generalização de um conceito é uma tarefa que exige um alto desempenho cognitivo dos estudantes e mesmo com a realização de atividades investigativas, é difícil a sua realização. Assim, pode-se observar que o aluno apresentou uma regressão em seu rendimento. Portanto, os estudantes elaboraram modelos instáveis, o que está de acordo com as observações realizadas por NORMAN (1983).

4.2.1.8 – Lei de Lavoisier

Em relação à Lei de Lavoisier, grande parte dos estudantes (60,6%) apresentou regressão de rendimento. Aproximadamente um quinto dos estudantes (18,2%) apresentou oscilação e outra parte (12,1%) apresentou evolução. Por fim, cerca de um décimo dos estudantes (9,1%) obteve um rendimento constante.

A maior parte da turma (60,2%) apresentou regressão de rendimento ao longo do ano letivo. O Aluno 30 é representante desse grupo, pois, na primeira e na quarta atividades teve desempenhos ótimos e na última obteve desempenho fraco. Na primeira atividade, sobre a produção de um gás em sistema fechado, o aluno defendeu de forma adequada que a massa do sistema permanece constante.

Na quarta atividade, sobre a formação de precipitado, também afirmou adequadamente que a massa permanece constante. Na entrevista sobre esta questão, o aluno explicou que a massa do sistema: “*permanece constante, não teve mudança nem nada, a gente só misturou as coisas, ficou normal*”. Entretanto, na última atividade, sobre a queima de um amendoim em sistema aberto, ele apontou de forma inadequada que ocorre um aumento da massa do sistema; na entrevista, porém, revelou o seguinte: “*achei que [a massa do sistema] ia aumentar, mas permanece constante*”. Essa mudança de opinião pode ser resultado da discussão posterior à atividade realizada em sala de aula e da revisão dos modelos dos estudantes.

Assim, o Aluno 30 apresentou uma regressão no rendimento. Desta forma, observa-se que houve dificuldades para esse assunto e que a maioria dos

estudantes, aparentemente, não criou e não utilizou modelos que explicassem a Lei de Lavoisier.

Uma parte dos estudantes (18,2%) teve rendimento oscilante para o conceito de energia durante a realização das atividades. O Aluno 2 pode ser considerado um exemplo desse grupo, pois apresentou desempenho ótimo na primeira atividade, fraco na quarta e ótimo novamente na última atividade. Na primeira, ele defendeu que não houve alteração da massa do sistema e na entrevista afirmou não encontrar dificuldade naquela questão. Na quarta atividade, ele apontou de forma inadequada ter havido um aumento da massa do sistema.

É possível que os estudantes tenham apresentado uma concepção alternativa, afirmando que a ocorrência da formação do precipitado resulta em um aumento da massa do sistema, pois, de acordo com KIND (2004), nesta concepção, um sólido insolúvel apresenta uma massa maior que a de um líquido; portanto, em uma reação de formação de precipitado, ocorre um aumento da massa do sistema, por causa da produção do sólido. Na última atividade, o aluno indicou que houve a conservação da massa do sistema e, assim, pode-se observar uma oscilação em seu rendimento. É possível que a ocorrência de concepções alternativas, tenha dificultado a aprendizagem sobre esse assunto.

Uma pequena parte da turma (12,1%) apresentou evolução no rendimento ao longo do período letivo. O Aluno 8 representa esse grupo, pois, na primeira e na quarta atividades teve desempenhos fracos e na última atividade obteve desempenho ótimo. Na primeira e na quarta atividades ele apontou de forma inadequada que ocorria um aumento na massa dos sistemas. Na última, ele indicou adequadamente que não houve alteração da massa do sistema. Assim, o estudante obteve uma evolução em seu rendimento, como aponta JOHNSON-LAIRD (1983), pois os modelos mentais podem ser revisados e alterados, até que tenham a funcionalidade desejada pelo usuário do modelo.

Por fim, uma pequena parte dos alunos (9,1%) obteve um rendimento constante, porém fraco, sobre este conceito nas atividades. O Aluno 39 apresentou um rendimento constante e é um exemplo desse grupo. Na primeira atividade, deixou em branco a questão sobre a conservação da massa. Sobre essa questão, na entrevista o aluno revelou que: *“Essa [questão] eu não achei muito difícil, eu devo não ter visto ela”*. Na quarta atividade apontou inadequadamente que havia um aumento na massa do sistema. Quando questionado sobre esta questão na

entrevista, afirmou que: *“A massa do sistema ia permanecer constante. É quase a mesma coisa da [questão] dois, temperatura e massa permanecem constantes. (...) Essa eu errei por falta de atenção também”*.

Desse modo, o estudante propõe de forma inadequada uma relação de igualdade entre conservação de massa e conservação de temperatura. Por fim, na última atividade, também apontou de forma inadequada ter havido um aumento na massa do sistema. Assim, o estudante obteve um rendimento constante, mas com desempenhos fracos. Dessa forma, os estudantes desse grupo, aparentemente, não elaboraram modelos mentais sobre o conceito ou elaboraram modelos mentais instáveis e confusos, conforme aponta NORMAN (1983), para situações similares de aprendizagem.

4.2.1.9 – Reagentes do sistema

Em relação aos reagentes do sistema, os alunos tiveram dificuldades, pois a maioria (69,7%) apresentou regressão no rendimento. Parte dos estudantes (21,2%) oscilou em seu rendimento e outra pequena parte (9,1%) teve rendimento constante. Nenhum estudante dessa turma apresentou evolução durante o período letivo para este conceito.

A maior parte da turma (69,7%) apresentou regressão no rendimento ao longo do ano letivo. A Aluna 10 é representante desse grupo, pois, na primeira atividade, teve um desempenho ótimo, na quarta e na última atividades seu desempenho foi fraco. Na primeira atividade, sobre a produção de gás a partir do bicarbonato de sódio e vinagre, a estudante indicou que os reagentes eram o vinagre e o bicarbonato de sódio. Na quarta atividade, sobre a formação de precipitado a partir de hidróxido de cálcio e sulfato de zinco, ela indicou de forma inadequada que havia sulfato de cálcio e hidróxido de cálcio no sistema como reagentes. Na última atividade, sobre a queima do amendoim, afirmou que os reagentes eram o óleo de amendoim e a água. É possível que a dúvida na última atividade tenha surgido a partir da proposta de procedimento experimental, em que o amendoim é queimado para aquecer a água.

Assim, a estudante não observou que o oxigênio consistia em um reagente e considerou que a água seria o outro reagente, embora, na verdade, tenha apenas a função de ter sua temperatura alterada. É interessante notar que, apesar de ocorrer uma regressão no rendimento da Aluna 10, também foi demonstrada uma coerência entre o sistema representado em nível submicroscópico e a linguagem textual utilizada para responder a presente questão.

Assim, a maioria dos estudantes teve dificuldade de aprendizagem sobre o conceito, pois é possível que não tenham elaborado modelos mentais para a resolução da atividade ou apresentaram modelos muito incompletos, incoerentes e instáveis, de acordo com a afirmação de NORMAN (1983), de que é fato comum de ocorrer em investigações sobre modelos mentais.

Uma parte significativa dos estudantes (21,2%) teve um rendimento oscilante para o conceito de reagentes do sistema, durante a realização das atividades. O Aluno 2 é um exemplo desse grupo, pois apresentou desempenho ótimo na primeira atividade, fraco na quarta e ótimo novamente na última atividade. Na primeira atividade, o aluno respondeu de forma adequada que os reagentes eram o vinagre e o bicarbonato de sódio. Na quarta, ele apontou de forma inadequada que os reagentes eram o hidróxido de cálcio e o sulfato de cálcio. Na entrevista sobre esta atividade ele afirmou: *“Os reagentes eram hidróxido de cálcio e sulfato de zinco. Eu errei essa, mas foi falta de atenção”*. Na última atividade, apontou corretamente que os reagentes eram o óleo de amendoim e o gás oxigênio.

Assim, o Aluno 2 apresentou oscilação de rendimento ao longo do período letivo. Também é digno de nota que apenas na última atividade ele tenha apresentado coerência entre as respostas dessa questão textual com a questão que possui a representação submicroscópica dos reagentes, indício de que os modelos mentais eram muito instáveis, o que está de acordo com NORMAN (1983), ou, então, que não foram elaborados modelos mentais sobre esse conceito.

Uma pequena parte da turma (9,1%) obteve rendimento constante. Cerca de dois terços dos estudantes (66,7%) apresentaram rendimentos constantes com desempenhos ótimos e o terço restante (33,3%) teve desempenho fraco sobre este conceito. O Aluno 8 apresentou rendimento constante, com desempenhos ótimos e é um exemplo deste grupo. Na primeira atividade, o aluno apontou, adequadamente, que os reagentes eram o bicarbonato de sódio e ácido acético. Na quarta atividade, também apontou de forma adequada que os reagentes eram o

hidróxido de cálcio e o sulfato de zinco. Por fim, na última atividade, também afirmou de forma correta que os reagentes eram o óleo de amendoim e o gás oxigênio. Também foi notado nas diversas atividades, que o Aluno 8 apresentou coerência nas respostas dessa questão, com relação às respostas das questões relacionadas às representações em nível submicroscópico. Assim, o rendimento do Aluno 8 foi constante, apenas com desempenhos ótimos nas atividades, e isto aponta que esses estudantes tiveram aprendizagem desse conceito.

Nenhum estudante apresentou evolução detectável de rendimento ao longo do ano letivo para esse conceito. Assim, para os estudantes dessa turma, houve grande dificuldade sobre este conceito e apenas uma pequena parte deles pode ter desenvolvido aprendizagem.

4.2.1.10 – Produtos do sistema

Em relação aos produtos do sistema, a maior parte dos estudantes (54,6%) teve oscilação em seu rendimento. Aproximadamente um quinto (21,2%) apresentou regressão durante o ano letivo e poucos (12,1%) apresentaram evolução no mesmo período, e a mesma quantidade de alunos (12,1%) apresentou rendimento constante.

O Aluno 39 pode ser considerado um exemplo do grupo que apresentou oscilação, pois apresentou desempenho fraco na primeira atividade, ótimo na quarta e fraco novamente na última atividade. Na primeira atividade, sobre a produção de gás carbônico a partir do bicarbonato de sódio e vinagre, o estudante apontou de forma inadequada que os produtos seriam o bicarbonato de sódio e o gás carbônico. É interessante notar que, na entrevista, o aluno afirmou sobre os produtos: “*Os produtos seria (sic) vinagre e bicarbonato de sódio. É a mesma coisa*”, indicando que, apesar da evidência de formação de um gás, ele considera que não ocorre reação química e que os produtos são iguais aos reagentes. Parece haver uma concepção do estudante de que, apesar da formação de gás, não houve uma reação química e que a composição dos reagentes é a mesma dos produtos.

Na quarta atividade, sobre a formação de um precipitado, apontou de forma adequada que os produtos da reação eram o hidróxido de zinco e o sulfato de

cálcio. E, na última, apontou de forma inadequada que o produto da queima do amendoim consistia apenas no gás carbônico. Na entrevista, o aluno afirmou que: *“Na hora achei que era somente gás carbônico. Agora acho que é gás carbônico e água”*. Além disso, demonstrou coerência entre as respostas dessa questão e da que apresenta a representação submicroscópica dos produtos apenas na atividade quatro, sobre a formação de precipitado. Dessa forma, o estudante obteve uma oscilação em seu rendimento, que pode ser fruto da existência de concepções alternativas, que de acordo com MULFORD e ROBINSON (2002), são coerentes para os alunos e são resistentes a mudanças e isso pode ter atrapalhado no desenvolvimento de modelos mentais para o conceito.

Uma parte significativa da turma (21,2%) apresentou regressão em seu rendimento ao longo do ano letivo. O Aluno 19 é representante desse grupo, pois, na segunda e na quarta atividades, teve desempenhos ótimos e na última seu desempenho foi fraco. Na segunda atividade, sobre a queima da palha de aço, o aluno apontou corretamente que o principal produto formado é o óxido de ferro. Na quarta atividade, também apontou adequadamente que os produtos do sistema são o hidróxido de zinco e o sulfato de cálcio. Na última atividade, indicou que o produto da queima do amendoim consistia apenas em gás carbônico. É importante notar que houve coerência entre as respostas dessa questão e a da representação submicroscópica dos produtos, exceto da atividade quatro, em que o aluno deixou a questão sobre a representação em branco e, dessa forma, é possível perceber que houve uma regressão em seu rendimento.

Assim, é possível inferir que os modelos formados poderiam ser instáveis e incompletos (NORMAN, 1983) ou que houve dificuldades sobre o conceito de combustão, em cujo conceito os estudantes apresentam muitas dificuldades de compreensão e também expressaram concepções alternativas, como defendem KIND (2004) e HORTON (2004).

Poucos estudantes (12,1%) apresentaram evolução no rendimento ao longo do período letivo. O Aluno 2 desenvolveu uma evolução em seu rendimento, pois, na primeira atividade, teve um desempenho fraco, na quarta e na última atividades obteve desempenhos ótimos. Na primeira atividade, o estudante apontou inadequadamente que os produtos da reação eram o bicarbonato de sódio e o gás carbônico, mostrando ter percebido a produção do gás. Cabe salientar que, na entrevista, ele afirmou: *“Depois [da reação química] era o gás carbônico, o*

bicarbonato de sódio e o vinagre”, adicionando o vinagre e bicarbonato de sódio como produtos. Na quarta atividade, ele indicou adequadamente que os produtos eram o hidróxido de zinco e sulfato de cálcio. Na última atividade afirmou, também de forma adequada, que os produtos do sistema eram o gás carbônico e a água.

É importante notar também que o Aluno 2 apresentou coerência entre as respostas desta questão com as respostas da questão que envolve representações submicroscópicas, exceto para a atividade 1, em que acertou na representação submicroscópica do sistema, mas apresentou a resposta inadequada quando a questão foi formulada com texto. Assim, o estudante apresentou uma evolução em seu rendimento ao longo do ano letivo, apresentando modelos mentais que evoluíram, conforme as atividades foram sendo realizadas, revisando os seus modelos, inserindo elementos e tornando seus modelos mais eficientes, como sustenta BORGES (1999), ocorrendo aprendizagem para este conceito.

Por fim, outro pequeno grupo de alunos (12,1%) obteve rendimento constante. A maioria destes estudantes teve desempenho fraco (75,0%) e o restante (25,0%) obteve desempenho ótimo sobre esse conceito nas atividades. O Aluno 8 apresentou um rendimento constante e é um exemplo desse grupo. Em todas as atividades, apresentou desempenhos ótimos e demonstrou coerência também com relação às respostas da questão sobre representação submicroscópica dos produtos, exceto na primeira atividade, em que representou um sistema submicroscópico com bicarbonato de sódio e vinagre. Dessa forma, o estudante obteve um rendimento constante, com desempenho ótimo em todas as atividades. Assim, como JOHNSON-LAIRD (1983) defende, os modelos foram elaborados e reelaborados de acordo com a necessidade, ao longo do ano letivo, nos momentos de realização das atividades.

4.2.1.11 – Lei de Proust

Em relação à Lei de Proust, um terço dos estudantes (33,3%) obteve oscilação em seu rendimento. A mesma quantidade (33,3%) apresentou rendimento constante durante o ano letivo. Uma parte menor dos estudantes (18,2%) teve

evolução durante o período e outro grupo menor (15,2%) apresentou regressão para este conceito.

O Aluno 30 pode ser considerado um exemplo do grupo que apresentou oscilação, pois apresentou desempenho ótimo na primeira atividade, fraco na quarta e ótimo novamente na última atividade. Assim, na primeira atividade, em que é perguntado se a massa de um reagente dobra quando é realizada a reação química e o que ocorre com a quantidade de massa do produto formado, o aluno respondeu adequadamente e na entrevista afirmou: *“Se a gente utilizasse a quantidade dobrada de vinagre e do bicarbonato, ia dobrar o experimento, ia ser uma coisa maior”*.

Na atividade quatro, em que o raciocínio é usado de forma semelhante, com o uso de uma quantidade dez vezes maior de reagente e foi perguntado o que ocorre com a quantidade de produto formado, o mesmo aluno respondeu que não sabia. Entretanto, na entrevista, afirmou que a quantidade de produtos *“iria aumentar em dez vezes”*, mas relatou que teve dificuldade e que *“não sabia o que iria acontecer”*. Na última atividade, empregando-se o mesmo raciocínio, foi perguntado se a massa de reagente for quatro vezes maior do que a usada, o que vai acontecer com o valor da massa de produtos formados, o aluno respondeu adequadamente que iria quadruplicar. Na entrevista afirmou que *“ia quadruplicar também porque quatro amendoins ia (sic) quadruplicar”*. Assim o Aluno 30 obteve um rendimento oscilante para este conceito.

Dessa forma, provavelmente as dificuldades existentes em relação a conceitos matemáticos tornaram difícil a resolução da atividade, que envolve o conhecimento de proporção matemática, e como KIND (2004) propõe, torna mais difícil a aprendizagem de alguns conceitos químicos, atrapalhando a elaboração de modelos mentais sobre a Lei de Proust.

A terça parte dos alunos (33,3%) que obteve um rendimento constante teve desempenhos ótimos sobre este conceito nas atividades. A Aluna 10 apresentou um rendimento constante e é um exemplo desse grupo. Em todas as questões sobre a Lei de Proust das atividades, a aluna obteve desempenho ótimo. Assim, é possível observar que seu rendimento foi constante e, portanto, desenvolveu modelos mentais adequados sobre a Lei de Proust, o que mostra ter ocorrido aprendizagem, de acordo com GRECA e MOREIRA (2002).

Uma parte dos estudantes (18,2%) apresentou evolução no rendimento ao longo do período letivo. O Aluno 39 desenvolveu uma evolução em seu rendimento, pois na primeira e na quarta atividades teve desempenhos fracos e na última obteve desempenho ótimo. Na primeira atividade apontou que não sabia, entretanto na entrevista apresentou uma resposta adequada e disse que após a atividade não teve dificuldade para fazer a questão. Na quarta atividade, o aluno apontou a alternativa correta, porém, na entrevista, afirmou ter dificuldade em relação à Matemática envolvida na questão: *“Essa daqui foi difícil, não sei explicar (...) não sei fazer a conta”*.

A fala do estudante mostra que existem dificuldades sobre suas habilidades em relação à Matemática, e isso torna a resolução da atividade sobre Lei de Proust difícil, como relata KIND (2004). Na última atividade, o mesmo aluno respondeu de forma adequada e na entrevista afirmou não ter dificuldades. Assim, o Aluno 39 apresentou evolução, seus modelos mentais sobre o conceito foram ficando mais elaborados, provavelmente por meio da realização da revisão dos modelos, como defende BORGES (1999) tendo, portanto, ocorrido aprendizagem sobre o conceito.

Por fim, uma parte dos estudantes (15,2%) apresentou regressão no rendimento ao longo do ano letivo. O Aluno 19 é representante desse grupo, pois, na segunda e na quarta atividades, teve desempenho ótimo e na última obteve um desempenho fraco. Na segunda e na quarta atividades o estudante empregou adequadamente a Lei de Proust, entretanto, na última ele não respondeu de forma adequada. Quando perguntado se a massa de amendoim (reagente) fosse quatro vezes maior do que a usada, ele afirmou que a massa de produtos formada seria duas vezes maior. Assim, foi observado que o aluno apresentou regressão em seu rendimento, provavelmente também em função de dificuldades com habilidades matemáticas (KIND, 2004).

4.2.1.12 – Estequiometria

Em relação ao tema estequiometria, parte significativa dos estudantes (36,4%) obteve rendimento oscilante. Outra parte (30,3%) apresentou evolução no

rendimento durante o ano letivo. Aproximadamente um quinto dos estudantes (21,2%) teve rendimento constante e uma parte menor (12,1%) apresentou regressão para este conceito.

As questões das atividades envolviam quantidades de massa de reagentes e de produtos em duas condições, inicial e final, e ocorria o aumento ou a redução das massas de ambos. Além disso, geralmente era fornecida a massa de um reagente e era pedido para calcular a massa final de um produto, conforme o exemplo da figura apresentada a seguir:

7) Com 84g de bicarbonato de sódio reagindo com vinagre são produzidos 44g de gás carbônico. Qual a massa de bicarbonato de sódio necessária para produzir 88g de gás carbônico?
 120g 144g 168g 182g não sei

FIGURA 4.39 – Questão sobre estequiometria (Atividade 1).

Mais de um terço dos estudantes (36,4%) teve rendimento de oscilação para este conceito durante a realização das atividades. O Aluno 3 é considerado um exemplo desse grupo, pois apresentou desempenho ótimo na primeira atividade, fraco na terceira e ótimo novamente na quinta atividade. Na primeira, ele realizou de forma adequada a previsão da massa usada na questão, dobrando a quantidade de reagentes. Na terceira atividade, respondeu que não sabia fazê-la. A questão está apresentada na figura a seguir:

7) Com 166g de querosene sendo queimada são produzidos 280g de um produto. Qual a massa de querosene necessária para produzir 28g de produto?
 12,2g 14,4g 16,6g 18,8g não sei

FIGURA 4.40 – Questão sobre estequiometria (Atividade 3).

Na quinta atividade, o estudante também respondeu adequadamente a questão sobre estequiometria, indicando a massa de 272g, ou seja, o dobro da massa de produtos iniciais. A questão sobre estequiometria é apresentada a seguir:

7) Com 74g de hidróxido de cálcio reagindo com quantidade suficiente de sulfato de zinco são formadas 136g de um produto. Qual a massa desse produto que será gerado quando 148g hidróxido de cálcio forem consumidos?
 136g 204g 272g 340g não sei

FIGURA 4.41 – Questão sobre estequiometria (Atividade 5).

Desse modo, pode-se observar que o Aluno 3 obteve um rendimento que oscila ao longo do ano letivo, num grupo de estudantes que demonstra que os modelos mentais apresentam instabilidade, como defende NORMAN (1983).

Uma parte significativa dos estudantes (30,3%) apresentou evolução no rendimento ao longo do período letivo. O Aluno 30 desenvolveu uma evolução em seu rendimento, pois, na primeira e na quarta atividades, teve desempenhos fracos e na última obteve um desempenho ótimo. Na primeira atividade, o aluno afirmou não saber fazer a questão sobre estequiometria e, quando perguntado em sua entrevista, revelou que *“A última eu não sei, essa coisa de grama, tinha que ter pesado antes e depois que a gente fez o experimento, pra ver quanto que dava a grama. (...) É que a gente fez a folhinha antes de fazer o experimento, aí não tinha como a gente ter uma base pra responder”*.

Assim, o estudante aponta que é necessária a realização da experiência e que não é possível fazer previsões sobre as massas das substâncias envolvidas. Sobre a quarta atividade, o mesmo aluno também afirmou não saber fazer a questão e também afirmou não saber resolver a questão durante a entrevista. A questão sobre estequiometria é apresentada na figura a seguir:

7) Com 74g de hidróxido de cálcio reagindo com quantidade suficiente de sulfato de zinco são formadas 136g de um produto. Qual a massa de hidróxido de cálcio necessária para produzir 13,6g de produto? 7,4g 8,5g 9,6g 10,7g não sei

FIGURA 4.42 – Questão sobre estequiometria (Atividade 4).

Na última atividade, o Aluno 30 resolveu adequadamente a questão, ampliando, proporcionalmente, a quantidade de massa final do reagente, em dez vezes. A questão é apresentada na figura a seguir:

7) Com 28,2g de óleo de amendoim sendo queimados são produzidos 30,2g de um produto. Qual é a massa de óleo de amendoim necessária para produzir 302g de produto? 200g 244g 268g 282g não sei

FIGURA 4.43 – Questão sobre estequiometria (Atividade 6).

Pode-se observar que o Aluno 30 apresentou uma evolução em seu rendimento ao longo do ano letivo, de um grupo cujos modelos mentais dos estudantes eram inicialmente confusos e incoerentes (NORMAN, 1983) e evoluíram

para modelos mentais eficientes (BORGES, 1999); dessa forma, existem indícios de que houve aprendizagem (GRECA e MOREIRA, 2002).

Outra parte significativa dos alunos (21,2%) obteve um rendimento constante, com desempenhos ótimos (85,7%) e o restante (14,3%) teve desempenhos fracos sobre este conceito nas atividades. O Aluno 2 apresentou um rendimento constante e é um exemplo deste grupo. Na primeira atividade, ele conseguiu um desempenho ótimo, dobrando a quantidade de massa do reagente inicial. Em sua entrevista, o aluno revelou ter tido um pouco de dificuldade, mas não soube expressar qual teria sido essa dificuldade.

Na quarta atividade, o estudante também fez adequadamente, reduzindo em dez vezes o valor da massa inicial do reagente. Na entrevista, afirmou que: *“A última [questão] eu também não tive nenhuma dúvida, fiz uma regrinha de três e deu sete vírgula quatro”*. Na última atividade, o mesmo aluno também obteve desempenho ótimo, multiplicando por dez o valor da massa inicial dos reagentes. E na entrevista, disse: *“A [questão] sete também não tive dificuldade. Era só fazer uma regrinha de três”*. Assim, o Aluno 2 teve um rendimento constante que apresentou apenas desempenhos ótimos, demonstrando ter elaborado modelos mentais adequados para as atividades, evidenciando a ocorrência de aprendizagem (GRECA e MOREIRA, 2002).

Finalmente, uma pequena parte dos estudantes (12,1%) apresentou regressão em seu rendimento ao longo do ano letivo. O Aluno 20 é representante desse grupo, pois, na primeira atividade, teve um desempenho ótimo, na quarta e na última atividades obteve desempenhos fracos. Na primeira atividade, respondeu adequadamente, dobrando o valor da massa de reagente inicial. Na quarta e na sexta atividades, apontou que não sabia fazer as questões. Assim, pode-se observar uma regressão no rendimento do estudante, indício de que houve dificuldades em relação aos conceitos matemáticos envolvidos nas questões propostas (KIND, 2004).

4.2.1.13 – Atividades em grupo

Nas atividades em grupo não foram avaliados os rendimentos ao longo do período letivo, pois os grupos eram alterados a cada atividade. Dessa forma, não

foi possível determinar se houve evolução, oscilação, regressão ou rendimento constante ao longo do ano.

Para a maioria dos conceitos o desempenho nas atividades realizadas em grupos foi considerado bom ou ótimo. Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos em algumas atividades, como representações submicroscópicas de reagentes e de produtos, evidências de reações químicas, energia, Lei de Lavoisier, conceito de reagentes e produtos e Lei de Proust. Cabe salientar que parte considerável das dificuldades encontradas concentra-se na primeira atividade e na quinta atividade. Na primeira, os estudantes estavam se adaptando à metodologia proposta e isso justifica as dificuldades encontradas por eles. Na quinta atividade, para a maioria dos conceitos foi solicitado aos estudantes que fizessem generalizações sobre eles e, assim, surgiram várias dúvidas e, mesmo realizando atividades experimentais investigativas, é difícil para os estudantes elaborarem generalizações, pois para se atingir esse estágio é necessário um alto nível cognitivo (SUART, 2008).

Para os procedimentos experimentais propostos em todas as atividades pelos estudantes em grupos, a grande maioria dos procedimentos foi considerada coerente (78,9%), o que demonstra que o procedimento, quando discutido pelos grupos, torna-se mais elaborado do que a versão produzida individualmente. Para a segunda atividade, sobre a queima da palha de aço, o Grupo 4 propôs o seguinte procedimento considerado coerente com a literatura: *“Primeiro passo: pego a palha de aço, coloque (sic) em cima do [vidro de] relógio grande e peso. Depois de pesado, usando o fósforo queimo a palha de aço, depois de queimar totalmente peso novamente”*.

Na quinta atividade, em que os estudantes deveriam tentar descobrir qual dos reagentes estava em excesso, apresentada na figura 4.44, e que era continuação da quarta atividade em que eles produziam um precipitado, houve dificuldade pelos grupos, em propor procedimentos experimentais. A metade dos grupos ou não propôs um experimento ou propôs o procedimento para resolver a atividade anterior. O Grupo 3 respondeu a questão mas não propôs um procedimento: *“Sim, porque o reagente fica em excesso e não se mistura, pois não há mais solução da outra composição”*. O Grupo 4 também não propõe um experimento: *“Com o tempo ele ficou gelatinoso e parecendo um pó branco...”*. O Grupo 5 apresentou um procedimento considerado incoerente, entretanto, é

coerente para a atividade anterior (quatro): “Para o experimentos (sic) é necessário utilizar todos os materiais acima. Logo depois, mistura as substâncias conforme a tabela. Quando utilizar 6 ml de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e 6 ml de ZnSO_4 (sic), o resultado final fica mais equilibrado”.

Materiais e reagentes disponíveis - 2 provetas de 10 mL - 1 Balança - 10 tubos de ensaio		- Suporte para tubos de ensaio - Solução de hidróxido de cálcio e solução de sulfato de zinco de mesma concentração	
Ca(OH) ₂ 10 mL	ZnSO ₄ 2 mL	Zn(OH) ₂ 12 mL	Reação de precipitação
Ca(OH) ₂ 8 mL	ZnSO ₄ 4 mL	Zn(OH) ₂ 12 mL	Reagente limitante e em excesso
Ca(OH) ₂ 6 mL	ZnSO ₄ 6 mL	Zn(OH) ₂ 12 mL	
Ca(OH) ₂ 4 mL	ZnSO ₄ 8 mL	Zn(OH) ₂ 12 mL	
Ca(OH) ₂ 2 mL	ZnSO ₄ 10 mL	Zn(OH) ₂ 12 mL	
Considerando o que foi discutido, as figuras acima e lembrando o experimento anterior, responda como é possível saber se ainda existe algum reagente na solução dos tubos de ensaio após a reação química? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).			

FIGURA 4.44 – Questão sobre o procedimento experimental (Atividade 5).

Para a sexta atividade, sobre a determinação da quantidade de calorías envolvida na queima de um grão de amendoim, o Grupo 1 propôs o seguinte procedimento considerado coerente com a literatura: “Para obter as calorías de um amendoim, inicialmente queimamos a (sic) amendoim, depois medimos a temperatura da água do tubo de ensaio antes e depois do experimento”. O Grupo 6 elaborou, também, uma proposta de procedimento experimental considerada coerente: “Primeiro colocamos o amendoim na base, colocamos a proveta com água no prendedor inferior e o termômetro no prendedor superior, colocamos fogo no amendoim, aquece a água e o termômetro mede a temperatura. Pegamos esses valores e calculamos $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ ”.

HOFSTEIN e LUNETTA (2003) apontam que a abordagem investigativa promove a interação social entre os estudantes e este é um fator que pode promover um refinamento das propostas de procedimentos experimentais, que resulta em experimentos mais precisos e adequados para a resolução dos problemas propostos.

Para o conceito de representações submicroscópicas dos reagentes, nas atividades um, três e quatro, os estudantes tiveram bom desempenho. Entretanto, houve dificuldades nas atividades dois e seis. Na atividade dois, sobre a queima da palha de aço, os estudantes apresentaram dificuldades sobre a representação submicroscópica dos reagentes. A maioria apontou que as

substâncias corretas envolvidas no processo eram o ferro e o gás oxigênio, entretanto não tiveram cuidado com a estequiometria envolvida e a Lei de Lavoisier, pois a totalidade dos alunos acertou a representação submicroscópica dos produtos.

As alternativas que os alunos selecionaram sobre a representação submicroscópica dos reagentes são apresentadas na figura 4.45. Cabe salientar que, em relação às representações dos reagentes apresentados na figura 4.45, o correto seria representar quatro átomos de ferro e três moléculas de oxigênio, já que na representação dos produtos havia quatro átomos de ferro e seis átomos de oxigênio.

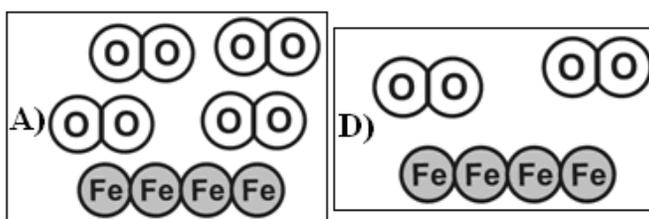


FIGURA 4.45 – Representações do sistema que contém ferro e gás oxigênio apontados pelos grupos de estudantes (Atividade 2).

Na atividade seis, sobre a determinação da quantidade de calorías envolvida na queima de um grão de amendoim, também houve dificuldade na representação submicroscópica dos reagentes. A maioria dos estudantes selecionou a alternativa apresentada na figura 4.46, com o óleo de amendoim, representado pela sua estrutura carbônica condensada e por moléculas de água. A dificuldade dos alunos, provavelmente, reside no procedimento experimental, pois a água é utilizada apenas como meio para se medir a variação de temperatura envolvida na queima do amendoim.

É interessante notar que muitos estudantes apresentam dificuldades sobre o tema combustão, de acordo com KIND (2004) e HORTON (2004) e, segundo os autores, existem problemas de compreensão em relação ao fato de o gás oxigênio ser “invisível”; então, muitas vezes, os estudantes apontam que o oxigênio participa da reação química, mas não é considerado como um reagente em uma reação de combustão.

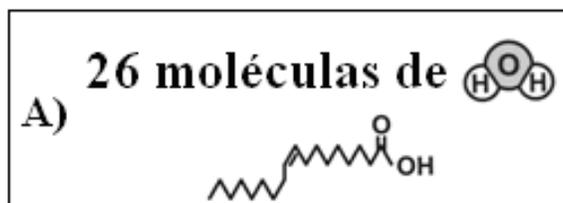


FIGURA 4.46 – Representação do sistema que contém óleo de amendoim e gás oxigênio apontado pelos grupos de estudantes (Atividade 6).

Sobre o conceito de representação submicroscópica dos produtos, a maioria dos estudantes apresentou bons (6,3%) e ótimos desempenhos (63,4%), entretanto, houve dificuldades na primeira e na última atividades. Na primeira atividade, sobre a produção de gás a partir do bicarbonato de sódio e vinagre, a maior parte dos grupos apontou que os produtos eram idênticos aos reagentes, representados na figura 4.47. O mesmo desempenho também foi observado durante a etapa de realização da atividade individual, ou seja, alguns estudantes dessa turma elaboraram modelos mentais os quais, após a reação química, os produtos tinham a mesma composição dos reagentes e, provavelmente, influenciaram os demais componentes do grupo.

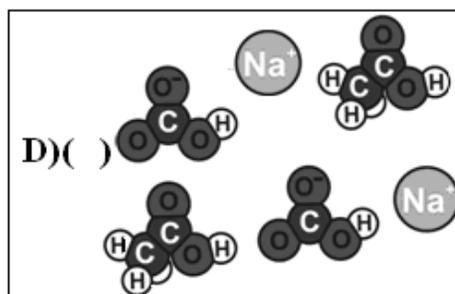


FIGURA 4.47 – Representação do sistema que contém gás carbônico, acetato de sódio e água apontado pelos grupos de estudantes (Atividade 1).

Na última atividade, sobre a determinação da quantidade de calor produzida da queima de um grão de amendoim, também houve dificuldades em relação à representação submicroscópica dos produtos. A maioria dos grupos apontou que o gás oxigênio é um dos produtos, como apresentado na figura 4.48. Os estudantes apresentaram muitas dificuldades em relação ao conceito de combustão, conforme relata KIND (2004), principalmente no sentido da participação do gás oxigênio na combustão, uma vez que, na queima de diferentes materiais, os

estudantes consideram que o gás oxigênio desempenha diferentes funções ao invés de apenas participar da reação como reagente.

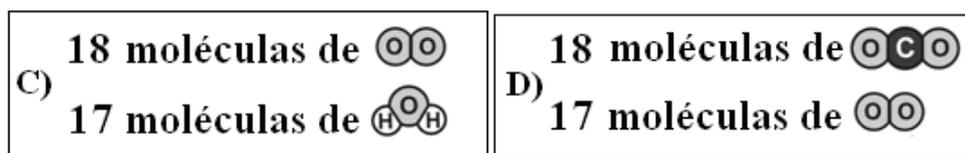


FIGURA 4.48 – Representações do sistema que contém gás carbônico e água apontados pelos grupos de estudantes (Atividade 6).

Para a indicação de evidências de reações químicas, os grupos também apresentaram bons e ótimos desempenhos exceto na quinta atividade. Essa atividade aborda o conceito de reagentes limitantes e em excesso, e a atividade experimental é continuação direta da quarta atividade, em que se pede que os estudantes determinem um procedimento para saber qual reagente é o limitante que está em excesso. Assim, a maioria das questões, sobre os conceitos investigados, ao invés de abordar o procedimento experimental discutido na atividade, solicitava que os estudantes realizassem uma generalização para qualquer reação química. Dessa forma, surgiram dificuldades para vários conceitos nessa atividade.

Sobre o conceito de evidências de reações químicas (a questão é apresentada na figura 4.49) foi questionado se o fato de haver um dos reagentes em excesso iria alterar as evidências de reações químicas. A grande maioria respondeu que iria ocorrer a formação do precipitado, que é a evidência de reação química específica para o procedimento da atividade cinco. Como também observou SUART (2008), mesmo realizando as etapas de uma atividade experimental investigativa, como elaboração de hipóteses, proposta de procedimento experimental, realização do experimento, análise de dados e apresentação das conclusões para os colegas, os estudantes não conseguiram realizar a generalização do conceito para outros experimentos, que é uma tarefa altamente exigente em termos cognitivos, conforme discutido anteriormente.

1) Se em uma reação qualquer, um dos reagentes estiver em excesso, pode ocorrer mudança nas evidências de que houve reação química?
 sim, a mudança de temperatura sim, a mudança de coloração
 sim, a produção de gás sim, a formação de precipitado
 não ocorre mudança nas evidências de reação outra: _____

FIGURA 4.49 – Questão sobre evidências de reação química (Atividade 5).

Em relação ao conceito de energia, os grupos também tiveram ótimos desempenhos (64,9%). Entretanto, houve dificuldades na primeira e na quinta atividades. Na primeira atividade, sobre a produção de gás, a partir do bicarbonato de sódio e vinagre, a maioria dos grupos apontou que ocorre um aumento da temperatura. Isso pode ser indício da existência de uma concepção alternativa que relaciona de forma inadequada a formação de bolhas de gás com um aumento de temperatura. O Aluno 30 afirma em sua entrevista “*que com a fermentação ia aumentar a temperatura, né? Porque ta ocorrendo tipo uma queima, uma combustão, daí aumenta a temperatura também*”. A fala do estudante é semelhante a uma concepção conhecida na literatura sobre o processo de dissolução de um comprimido efervescente em água e a liberação de gás, que os estudantes acreditam que o gás liberado é o ar ou o gás oxigênio (KIND, 2004).

Na quinta atividade, sobre reagentes limitantes e em excesso, houve novamente dificuldades em relação ao processo de generalização do conceito de energia, apesar de os estudantes terem trabalhado com a abordagem experimental investigativa, como relata SUART (2008). Segundo a autora, o processo de generalização de um conceito exige um elevado esforço cognitivo e, mesmo quando os estudantes estão sob uma abordagem investigativa, podem surgir dificuldades para a elaboração desse processo de construção mental. A maioria dos grupos indicou que quando um dos reagentes do sistema é limitante, ocorre um aumento na temperatura.

Sobre a Lei de Lavoisier, os grupos apresentaram dificuldades nas atividades três, quatro e cinco. Na terceira atividade, sobre a queima do álcool e do querosene, a maioria dos grupos afirmou que a massa dos produtos é maior que a massa dos reagentes. Na quarta atividade, sobre a formação de precipitado, a maior parte dos grupos declarou que a massa do sistema aumenta após a reação química, o que pode ser indício da existência de uma concepção alternativa, em que o

precipitado possui uma massa maior por ser sólido e, assim, o sistema apresenta um aumento de massa.

KIND (2004) aponta que essa é uma concepção alternativa recorrente na literatura, a da correlação entre a formação de um precipitado e um aumento de massa, pois, segundo o pensamento dos estudantes, a massa de um sólido é maior do que a de um líquido, portanto, ocorre um aumento de massa do sistema. Na quinta atividade, sobre reagentes limitantes e em excesso, a maioria também apontou que a massa do sistema aumenta, e isso pode ser em função de os estudantes não realizarem a generalização do conceito para outros experimentos ou por expressar uma concepção que considera que um precipitado possui massa maior por ser um sólido.

Para o conceito de reagentes, as dificuldades ficaram concentradas nas atividades três, cinco e seis. Na terceira atividade, sobre a queima do álcool e do querosene, as dificuldades sobre os reagentes foram basicamente as mesmas encontradas na representação submicroscópica das mesmas substâncias. Os grupos apontaram que os reagentes eram álcool e gás carbônico e água e gás carbônico, respectivamente, sobre a queima do álcool e do querosene. Isso corrobora as afirmações encontradas na literatura (KIND, 2004; HORTON, 2004), de que os estudantes apresentam muitas dificuldades em relação ao conceito de combustão. Na atividade cinco, sobre reagentes limitantes e em excesso, os estudantes indicaram que, pelo fato de haver um reagente em excesso, ocorre a alteração do tipo dos reagentes e, dessa forma, não fizeram a generalização do conceito solicitada, mesmo com a realização de atividade experimental investigativa, como também observou SUART (2008).

Na última atividade, sobre a determinação da quantidade de calorías envolvida na queima de um grão de amendoim, a maioria dos grupos afirmou que os reagentes envolvidos são o óleo de amendoim e a água. Observa-se que os estudantes tiveram dificuldade em perceber que o gás oxigênio participa da reação química e que a água é apenas um produto da combustão; embora utilizada no experimento, sua finalidade é apenas a de ter a sua variação de temperatura medida.

Em relação ao conceito de produtos, houve dificuldade pelos grupos nas atividades um, cinco e seis. Na primeira atividade, sobre a formação de gás a partir de bicarbonato de sódio de vinagre, parte significativa dos grupos apontou que

os produtos consistem em bicarbonato de sódio e gás carbônico, indicando que apenas o vinagre (ácido acético) se transformou em gás carbônico.

Na atividade cinco, sobre reagentes limitantes e em excesso, também houve dificuldades sobre a generalização do conceito para outros experimentos. Nessa questão, a maioria dos grupos apontou que, se um reagente estiver em excesso, vai ocorrer uma alteração no tipo de produto formado, ou seja, ocorrerá uma alteração da reação química pelo fato de um reagente estar em excesso. Novamente se observa que, mesmo quando os estudantes realizam atividades experimentais investigativas, eles apresentam dificuldades em realizar generalizações de conceitos, como também observou SUART (2008).

Na sexta atividade, sobre a quantidade de calorías de um grão de amendoim, alguns grupos afirmaram não saber quais seriam os produtos e outros grupos apontaram que seria apenas o gás carbônico. Também já foi observado que os estudantes apresentam muitas dificuldades para o tema combustão, como a concepção de que ocorre simplesmente uma evaporação, relatada por KIND (2004) ou que a combustão do álcool, da madeira ou de uma vela são fenômenos diferentes, conforme a discussão feita por HORTON (2004).

Sobre a Lei de Proust, houve dificuldade apenas na quinta atividade, sobre reagentes limitantes e em excesso, cuja questão é apresentada na figura 4.50, na qual é perguntado o que irá ocorrer com a quantidade de produtos, se a quantidade de reagentes for reduzida pela metade. A maioria dos grupos apontou que a massa dos produtos iria dobrar. Assim, é possível observar que os estudantes apresentaram dificuldades sobre a Lei de Proust e a causa disso provavelmente está relacionada com suas habilidades matemáticas, que podem ser pouco desenvolvidas, como defende KIND (2004).

<p>6) Se você utilizasse a metade da quantidade de hidróxido de sódio e de sulfato de zinco, o que iria acontecer com a massa do produto formado? () dobrar () triplicar () cair pela metade () se manteria () não sei</p>
--

FIGURA 4.50 – Questão sobre Lei de Proust (Atividade 5).

Para o conceito de estequiometria, em todas as atividades a maioria dos grupos apresentou desempenhos ótimos (74,7%). Na quinta atividade, sobre reagentes limitantes e em excesso, a maioria respondeu corretamente a questão apresentada na figura 4.51.

7) Com 74g de hidróxido de cálcio reagindo com quantidade suficiente de sulfato de zinco são formadas 136g de um produto. Qual a massa desse produto que será gerado quando 148g hidróxido de cálcio forem consumidos?
 136g 204g 272g 340g não sei

FIGURA 4.51 – Questão sobre estequiometria (Atividade 5).

4.2.2 – Turma B

O desempenho dos estudantes da turma B no questionário inicial será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A. Foi definido para esta análise que o desempenho no questionário inicial entre as turmas é semelhante até uma diferença de 25,0% e se houver uma diferença maior que essa porcentagem, ela é significativa e será discutida. De forma geral, os alunos da turma B obtiveram um bom desempenho no questionário, demonstrando que apresentavam os conceitos necessários para a realização das atividades durante o período letivo.

Em relação à turma A da mesma escola, o desempenho dos estudantes da turma B de forma geral foi semelhante. Basicamente ocorreram diferenças de desempenho nas questões sete e oito, sobre evidências em uma investigação e sobre representações macroscópicas e submicroscópicas de um sistema químico, respectivamente. Na questão sete, que trata sobre a observação de uma cédula de dinheiro falsa apresentada na figura 4.7, houve um aumento dos 43,8% de estudantes da turma A que acertaram a questão para 86,7% dos estudantes da turma B, e da mesma forma, realizaram observações sobre as evidências e a habilidade de realizar observações é considerado pelo NATIONAL RESEARCH CONCIL (UNITED STATES OF AMERICA, 2000) como um fator importante para a realização de atividades investigativas.

Na questão oito, sobre a relação entre a temperatura e a movimentação de moléculas de água apresentada na figura 4.8, houve também um aumento de 46,9% de alunos da turma A que acertaram para 86,7% dos estudantes da turma B que relacionaram corretamente a figura ao conceito, um resultado excelente, pois, geralmente, é difícil estabelecer relações entre o nível macroscópico e o submicroscópico (GILLESPIE, 1997).

O rendimento durante o ano letivo dos estudantes da turma B da Escola "1" pode ser resumido na Tabela 4.2, que foi produzida, excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (7,7%) de um total de 39 alunos. Também será apresentada uma análise sucinta, pois foi elaborada com a mesma metodologia aplicada para a análise do rendimento da turma A. Utilizou-se o mesmo critério sobre a semelhança entre os rendimentos das turmas que foi empregado para os desempenhos do questionário inicial. Os rendimentos são considerados semelhantes se houver uma diferença de até 25,0%, no entanto, se a diferença for maior que essa porcentagem, ela se torna significativa e será discutida.

É possível observar na tabela 4.2 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de reagentes e de produtos, para o conceito de energia e para os conceitos de reagentes, produtos e estequiometria. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de rendimento para a proposição do experimento, para as representações submicroscópicas de reagentes e produtos, para os conceitos de reagentes e produtos e para a Lei de Proust. Além disso, houve regressão no rendimento de parte dos alunos para representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de evidências de reações químicas, para a Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Por fim, houve um rendimento constante de parte dos alunos para a Lei de Proust e para o conceito de estequiometria.

TABELA 4.2 – Rendimento dos alunos da turma B da escola “1” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	66,7	30,6	2,8	0,0
Reagentes (Submicroscópico)	25,0	50,0	19,4	5,6
Produtos (Submicroscópico)	38,9	27,8	27,8	5,6
Evidências	16,7	11,1	72,2	0,0
Energia	75,0	16,7	0,0	8,3
Lei de Lavoisier	16,7	16,7	55,6	11,1
Reagentes	13,8	30,6	36,1	19,4
Produtos	33,3	36,1	22,2	8,3
Lei de Proust	25,0	25,0	2,8	47,2
Estequiometria	30,6	8,3	8,3	52,8

Em relação à turma A, foram observadas algumas diferenças, principalmente sobre o conceito de energia. Na turma A, houve evolução no rendimento de 48,5% e na turma B houve evolução em 75,0% dos estudantes.

Além disso, para o conceito de reagentes, em relação à turma A, houve uma redução de 69,7% de alunos que apresentaram regressão em seu rendimento para 36,1%. Por fim, para o conceito de estequiometria, em relação à turma A houve um aumento de 21,2% de estudantes que tiveram rendimento constante para 52,8%.

Estas turmas possuem a mesma professora (P2) e, durante o período letivo, os mesmos conteúdos foram trabalhados com a mesma abordagem, portanto, é possível que a diferença de rendimento seja atribuída a um comportamento diferente dos estudantes, que estavam mais envolvidos com o processo de aprendizagem.

De maneira geral, o desempenho dos estudantes em grupos para a maior parte dos conceitos foi considerado bom (6,0%) ou ótimo (68,5%). Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos em algumas atividades, como representações submicroscópicas de reagentes, evidências de reações químicas, Lei de Lavoisier e conceito de produtos. Cabe salientar que, como na turma A, parte significativa das dificuldades apresentadas pelos grupos foi concentrada na primeira e na quinta atividades, nas quais os estudantes estavam se adaptando à

metodologia de trabalho e houve a solicitação de generalização de conceitos, ao invés de fornecerem respostas sobre o procedimento proposto, respectivamente.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma B foi semelhante ao desempenho dos respectivos grupos da turma A. Houve diferenças de desempenho sobre os conceitos de energia e de reagentes.

Sobre o conceito de energia, a turma B teve desempenho melhor do que a turma A. A turma A apresentou dificuldade nas atividades um, quatro e cinco, com desempenhos fracos de: 85,7%, 50,0% e 62,5%, respectivamente. A turma B apresentou dificuldade nas atividades um e cinco, com 100% e 66,7% de rendimentos fracos.

Para o conceito de reagentes, a turma B teve um rendimento melhor que o da turma A. Na turma B houve dificuldade apenas na última atividade, com 50,0% de desempenhos fracos. Na turma A houve dificuldades nas atividades três, cinco e seis, com desempenhos fracos de: 62,5%, 87,5% e 62,5%, respectivamente.

4.2.3 – Turma C

O desempenho dos estudantes da turma C no questionário inicial será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A. De forma geral, os alunos dessa turma também tiveram um bom desempenho, ao revelar que apresentavam os conceitos necessários para a realização das atividades propostas no projeto.

Em relação à turma A da mesma escola, o desempenho dos estudantes da turma C, em geral, foi semelhante. Basicamente, ocorreram diferenças de desempenho nas questões seis e sete, sobre o ciclo de vida de um ser vivo e evidências em uma investigação, respectivamente. Na questão seis, sobre o ciclo de vida de um ser vivo apresentada na figura 4.6, houve redução dos estudantes que apontaram que a figura é referente ao ciclo de vida do ser vivo completo incluindo a sua morte, de 31,2% na turma A para 6,2% na turma C.

Na questão sete, que trata sobre a observação de uma cédula de dinheiro falsa apresentada na figura 4.7, houve redução dos estudantes que apontaram que é possível comprar uma cesta básica com a cédula falsa, de 34,4%

para 9,4%. Assim, os estudantes da turma C apresentaram desempenho um pouco melhor que os da turma A.

O rendimento durante o ano letivo dos estudantes da turma C da Escola “1” foi resumido na tabela 4.3, que foi produzida excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (16,7%) de um total de 42 alunos.

TABELA 4.3 – Rendimento dos alunos da turma C da escola “1” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	54,3	31,4	14,3	0,0
Reagentes (Submicroscópico)	5,7	51,4	31,4	11,4
Produtos (Submicroscópico)	42,9	37,1	5,7	14,3
Evidências	11,4	8,6	80,0	0,0
Energia	37,1	45,7	11,4	5,7
Lei de Lavoisier	8,6	37,1	42,9	11,4
Reagentes	22,9	28,6	40,0	8,6
Produtos	22,9	62,9	11,4	2,9
Lei de Proust	11,4	34,3	20,0	34,3
Estequiometria	5,7	51,4	34,3	8,6

É possível observar na tabela 4.3 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de energia, para os conceitos de reagentes e produtos. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos envolvidos, exceto para evidências de reações químicas. Além disso, houve regressão no rendimento de parte dos alunos para representações submicroscópicas de reagentes, para o conceito de evidências de reações químicas, para a Lei de Lavoisier, para o conceito de reagentes e de estequiometria. Por fim, houve um rendimento constante de parte dos alunos para a Lei de Proust.

Em relação à turma A, houve algumas diferenças, principalmente sobre o conceito de representação submicroscópica dos produtos, em que na turma A

houve evolução no rendimento de 15,2% e na turma C houve evolução em 42,9% dos estudantes. Além disso, para o conceito de reagentes, em relação à turma A, houve redução de 69,7% para 40,0%, de alunos que apresentaram oscilação em seu rendimento. Por fim, para o conceito de estequiometria, em relação à turma A houve redução de 30,3% de estudantes que tiveram evolução para 5,7%.

Essas turmas possuem professoras diferentes, a Professora P2 na turma A e a professora P1 na turma C e foram trabalhados os mesmos conteúdos com a mesma abordagem; é possível, portanto, que a diferença de rendimento das turmas seja atribuída às diferenças individuais entre as professoras, que refletem na atividade docente, como personalidade, relacionamento com a turma, além da diferença existente entre os estudantes das duas turmas.

De forma geral, o desempenho dos grupos nas atividades foi considerado bom (10,2%) ou ótimo (48,6%). Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos, como representações submicroscópicas de reagentes e produtos, evidências de reações químicas, energia, Lei de Lavoisier, conceito de reagentes e produtos e estequiometria. É importante citar que, como também foi observado na turma A, parte significativa das dificuldades foi concentrada nas atividades um e cinco, nas quais os estudantes estavam se adaptando à metodologia do projeto e deveriam realizar uma generalização de conceitos ao invés de responder sobre o procedimento proposto, respectivamente.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma C foi similar ao desempenho dos grupos da turma A. Entretanto, houve diferenças de desempenho entre as turmas, sobre os conceitos de representações submicroscópicas dos produtos e estequiometria.

Sobre o conceito de representações submicroscópicas de produtos, na atividade três, os estudantes da turma A tiveram um desempenho melhor que os da turma C, com 50% de desempenhos ótimos na turma A e na turma C não houve desempenho ótimo, mas 77,8% de desempenhos fracos.

Para o conceito de estequiometria, a turma C teve mais dificuldade, em geral, do que a turma A. A turma C apresentou dificuldades nas atividades quatro, cinco e seis, com frequências de rendimento fraco respectivas: 75,0%, 87,5% e 62,5%, enquanto a turma A apresentou dificuldade apenas na atividade 2, com 50,0% de desempenhos fracos.

4.2.4 – Turma D

O desempenho dos estudantes da turma D no questionário inicial será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A. Em geral, os alunos da turma D obtiveram um bom desempenho no questionário, mostrando-se aptos para a realização das atividades durante o período letivo.

Em relação à turma A da mesma escola, o desempenho dos estudantes da turma D de forma geral foi semelhante. Houve diferenças de desempenho nas questões cinco, sete, nove, dez e doze, que discorrem sobre a produção de organismos geneticamente modificados e evidências em uma investigação.

Na questão cinco, sobre a produção de organismos geneticamente modificados, apresentada na figura 4.5, houve aumento nas respostas corretas, de 12,5% na turma A para 42,1% e, além disso, houve redução de respostas que apontam que essa tecnologia tem por objetivo preservar eternamente as características de um ser vivo, de 25,0% para 0%.

Na questão sete, que trata sobre a observação de uma cédula de dinheiro falsa, havendo, também, aumento de estudantes que acertaram, de 43,8% para 78,9% na turma D e houve também redução dos estudantes que apontaram ser possível comprar uma cesta básica com a cédula falsa, de 34,4% para 5,3%. Na questão nove, sobre um perito analisando a cena de um crime apresentada na figura 4.9, houve aumento dos estudantes que apontaram que a figura se refere ao trabalho de um fotógrafo de arte, de 0% para 31,6%.

Na décima questão, sobre duas linhas paralelas perpendiculares de mesmo tamanho, apresentadas na figura 4.10, houve redução dos estudantes que apontaram a primeira linha como menor, de 31,2% para 5,3%. Por fim, na questão doze, sobre um conflito armado apresentado na figura 4.12, houve redução nos estudantes que apontaram ter havido um terremoto, de 31,2% para 5,3%.

Dessa forma, é possível afirmar que os estudantes realizaram observações sobre as evidências, e isto é um fator importante para a realização de atividades investigativas, como aponta o NATIONAL RESEARCH CONCIL (UNITED STATES OF AMERICA, 2000), órgão americano que definiu as diretrizes e bases da educação norte-americana para a área de Ensino de Ciências.

O rendimento durante o ano letivo dos estudantes da turma D da Escola “1” pode ser resumido na tabela 4.4, que foi produzida excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (19,4%) de um total de 36 alunos.

TABELA 4.4 – Rendimento dos alunos da turma D da escola “1” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	75,9	13,8	3,4	6,9
Reagentes (Submicroscópico)	58,6	24,1	0,0	17,2
Produtos (Submicroscópico)	41,4	48,3	3,4	6,9
Evidências	20,7	44,8	34,5	0,0
Energia	51,7	37,9	0,0	10,3
Lei de Lavoisier	3,4	44,8	27,6	24,1
Reagentes	13,8	24,1	20,7	41,4
Produtos	20,7	55,2	17,2	6,9
Lei de Proust	34,5	48,3	3,4	13,8
Estequiometria	48,3	17,2	0,0	34,5

É possível observar na tabela 4.4 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de reagentes e de produtos, para o conceito de energia, para os conceitos de produtos, Lei de Proust e estequiometria. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos, exceto para a proposição do experimento, para as representações submicroscópicas de reagentes e para o conceito de estequiometria. Além disso, houve regressão no rendimento de parte significativa dos alunos para evidências de reações químicas e para a Lei de Lavoisier. Por fim, houve um rendimento constante de parte dos alunos para a Lei de Lavoisier, para o conceito de reagentes e para o conceito de estequiometria.

Em relação à turma A, houve algumas diferenças de rendimento, principalmente sobre as representações submicroscópicas dos reagentes, em que na turma A houve evolução no rendimento de 15,2% e na turma D a evolução foi de 58,6% dos estudantes.

Para esse conceito também houve diferenças em relação ao desempenho de oscilação, pois na turma A, a maioria (72,7%) teve este rendimento, enquanto na turma D cerca de um quarto dos estudantes apresentou esse rendimento. Além disso, para as representações submicroscópicas dos produtos, houve um aumento de 15,2% para 41,4%. Sobre as evidências de reações químicas, houve redução do rendimento de regressão de 60,6% da turma A para 34,5% da turma D.

Para a Lei de Lavoisier, o aumento da oscilação foi de 18,2% para 44,8% e também ocorreu uma redução da regressão para esse conceito, de 60,6% para 27,6%. Por fim, para o conceito de reagentes, a redução no rendimento de regressão foi de 69,7% para 20,7% e também ocorreu aumento de rendimento constante, de 9,1% para 41,4%. Essas turmas possuem a mesma professora (P2) e, durante o período letivo, a metodologia e os conteúdos foram os mesmos, portanto, é possível propor que a diferença de rendimento esteja relacionada a um comportamento diferente dos estudantes em relação ao processo de aprendizagem, com um maior envolvimento nas atividades.

Sobre o desempenho dos estudantes em grupos, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades, foi considerado bom (5,7%) ou ótimo (64,8%). Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos em algumas atividades, como Lei de Lavoisier, conceito de produtos e Lei de Proust.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma D foi muito semelhante ao desempenho dos grupos da turma A. Houve algumas diferenças em relação aos conceitos de representações submicroscópicas de reagentes, sobre o conceito de reagentes e sobre a Lei de Lavoisier.

Sobre as representações submicroscópicas de reagentes, os estudantes da turma D tiveram um desempenho melhor que os da turma A, pois na turma A houve dificuldades nas atividades dois, quatro e seis, com desempenhos fracos de 87,5%, 50,0% e 100%, respectivamente. Na turma D, os grupos apresentaram dificuldade apenas na atividade dois, com 100% de desempenhos fracos.

Sobre o conceito de reagentes, os estudantes da turma D também tiveram um desempenho melhor que os da turma A, pois na turma D não houve dificuldades sobre este conceito, enquanto na turma A, os grupos apresentaram

dificuldades, com desempenhos fracos nas atividades três (62,5%), cinco e seis (87,5% em cada).

Para a Lei de Proust, a turma D teve mais dificuldades que a turma A, que apresentou dificuldades na atividade cinco, com desempenho fraco de 87,5%. Já a turma D teve dificuldade nas atividades um, quatro e cinco, com desempenhos fracos de 60,0%, 50,0% e 75,0%, respectivamente.

4.2.5 – Turma E

O desempenho dos estudantes da turma E no questionário inicial será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A. Em relação à turma A da mesma escola, o desempenho dos estudantes da turma E foi semelhante, exceto algumas diferenças significativas de desempenho nas questões cinco, sete e oito, sobre a produção de organismos geneticamente modificados, evidências em uma investigação e sobre representações macroscópicas e submicroscópicas de um sistema químico, respectivamente. Na questão cinco, sobre a produção de organismos geneticamente modificados, houve aumento no número de acertos, de 12,5% na turma A para 53,3% na turma E.

Na questão sete, que trata sobre a observação de uma cédula de dinheiro falsa, também houve aumento no número de acertos, de 43,8% para 90,0% e, além disso, houve queda no número de estudantes que apontaram que é possível comprar uma cesta básica com a cédula, de 34,4% para 3,3%. Por fim, na questão oito, sobre a relação entre a temperatura e a movimentação de partículas de água representadas em nível submicroscópico, houve também aumento de acertos, de 46,9% na turma A, para 80,0% na turma E.

Assim, a maioria dos estudantes estabeleceu uma relação correta entre o nível macroscópico e o submicroscópico e, geralmente, essa é uma tarefa difícil, segundo GILLESPIE (1997). Assim, a turma E apresentou os conceitos necessários para o desenvolvimento do projeto.

O rendimento dos estudantes da turma E da Escola “1”, durante o ano letivo, pode ser resumido na tabela 4.5, que foi produzida excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (26,3%) de um total de 38 alunos.

Observa-se na tabela 4.5 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de energia, para os conceitos de produtos e Lei de Proust. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos, exceto nas evidências de reações químicas. Além disso, houve regressão no rendimento de parte significativa dos alunos para representações submicroscópicas de reagentes e de produtos, para o conceito de evidências de reações químicas, para a Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Por fim, houve um rendimento constante de parte considerável dos alunos para o conceito de reagentes e para o conceito de estequiometria.

TABELA 4.5 – Rendimento dos alunos da turma E da escola “1” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	60,7	28,6	3,6	7,1
Reagentes (Submicroscópico)	10,7	35,7	42,9	10,7
Produtos (Submicroscópico)	25,0	39,3	25,0	10,7
Evidências	10,7	14,3	75,0	0,0
Energia	50,0	28,6	10,7	10,7
Lei de Lavoisier	10,7	42,9	32,1	14,3
Reagentes	3,6	39,3	32,1	25,0
Produtos	28,6	46,4	10,7	14,3
Lei de Proust	46,4	28,6	10,7	14,3
Estequiometria	17,9	46,4	10,7	25,0

Em relação à turma A, houve algumas diferenças de rendimento, sobre as representações submicroscópicas de reagentes, com a redução do rendimento de oscilação, de 72,7% da turma A para 45,7% da turma E, havendo também um aumento de regressão, de 12,1% para 42,9%. Sobre a Lei de Lavoisier, houve uma diminuição de rendimentos de regressão, de 60,6% da turma A para 32,1% na turma E. Sobre o conceito de reagentes, também houve diminuição de rendimentos de regressão, de 69,7% para 32,1%. Por fim, para a Lei de Proust, houve aumento da evolução dos estudantes, de 18,2% para 46,4%. Essas turmas também possuem a

mesma professora (P2) e, tanto a abordagem quanto a metodologia empregadas, foram as mesmas; desse modo, a diferença de rendimento pode ser atribuída a uma diferença de comprometimento dos estudantes com o processo de aprendizagem.

De forma geral, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades realizadas em grupos, a maior parte do desempenho dos grupos foi considerada boa (7,9%) ou ótima (53,0%). Entretanto, houve dificuldade dos grupos para alguns conceitos em algumas atividades, como representações submicroscópicas de reagentes, para o conceito de energia, Lei de Lavoisier, conceito de produtos e estequiometria.

O desempenho dos estudantes em grupos, da turma E, foi muito semelhante ao desempenho dos grupos da turma A. Houve diferenças de desempenho entre as turmas sobre os conceitos de reagentes e estequiometria.

Sobre o conceito de reagentes, os estudantes da turma E apresentaram rendimento melhor que os da turma A. Na turma E, praticamente, não houve dificuldades para este conceito. A turma A apresentou desempenhos fracos nas atividades três (62,5%), cinco e seis (87,5% em cada).

Para o conceito de estequiometria, a turma E teve mais dificuldade em geral do que a turma A. A turma E apresentou dificuldades nas atividades um, três e seis, com frequências de rendimento fraco respectivas: 57,1%, 50,0% e 71,4%, enquanto a turma A apresentou dificuldade apenas na atividade dois, com 50,0% de desempenhos fracos.

4.2.6 – Turma F

O desempenho dos estudantes da turma F no questionário inicial também será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A. Assim, para o questionário inicial não foram observadas diferenças significativas nos desempenhos das turmas A e F da Escola “1”.

O rendimento durante o ano letivo dos estudantes da turma F da Escola “1” pode ser resumido na Tabela 4.6, que foi produzida, excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (20,0%) de um total de 40 alunos.

É possível observar na tabela 4.6 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a proposição dos

procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de reagentes e de produtos, para o conceito de energia e para o conceito de produtos de uma reação. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação para a maioria dos conceitos, exceto para a proposição do experimento e evidências de reações químicas. Além disso, houve regressão no rendimento de parte significativa dos alunos para a proposição de procedimentos experimentais, para evidências de reações químicas, para a Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Por fim, houve um rendimento constante de parte considerável dos alunos para a Lei de Proust.

TABELA 4.6 – Rendimento dos alunos da turma F da escola “1” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	53,1	21,9	25,0	0,0
Reagentes (Submicroscópico)	37,5	43,7	3,1	15,6
Produtos (Submicroscópico)	40,6	40,6	9,4	9,4
Evidências	21,9	15,6	56,2	6,2
Energia	34,3	43,7	12,5	9,4
Lei de Lavoisier	15,6	37,5	37,5	9,4
Reagentes	21,9	31,2	31,2	15,6
Produtos	31,2	43,7	9,4	15,6
Lei de Proust	9,4	37,5	18,7	34,3
Estequiometria	15,6	62,5	9,4	12,5

Em relação à turma A, houve algumas diferenças, inicialmente, sobre a representação submicroscópica dos reagentes, em que na turma A houve uma oscilação no rendimento de 72,7% e na turma F, em 43,7% dos estudantes. Sobre a representação submicroscópica dos produtos, houve aumento do desempenho de evolução, de 15,2% turma A para 40,6% na turma F. Além disso, para o conceito de reagentes, em relação à turma A, houve redução do rendimento de regressão, de 69,7% para 31,2%. Por fim, para o conceito de estequiometria, em relação à turma A, houve aumento de 36,4% de estudantes que tiveram rendimento de oscilação para 62,5%. Em ambas as turmas, a professora P2 abordou os mesmos conteúdos,

utilizando a mesma abordagem; é possível, portanto, que a diferença de rendimento entre as turmas seja resultado de diferentes comportamentos dos estudantes em face ao projeto.

No geral, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades realizadas em grupos, a maior parte do desempenho grupos foi considerada boa (4,9%) ou ótima (65,8%). Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos em algumas atividades, como representações submicroscópicas de reagentes e de produtos e a Lei de Lavoisier.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma F foi semelhante ao desempenho dos grupos da turma A. Entretanto, houve diferenças de desempenho, sobre os conceitos de representações submicroscópicas de produtos, energia, e sobre os conceitos de reagentes e produtos.

Sobre o conceito de representações submicroscópicas de produtos, a turma A teve um desempenho melhor que a turma F. A turma A apresentou dificuldade nas atividades um e seis, com desempenhos fracos de 57,1% e 62,5%, respectivamente. A turma F apresentou desempenhos fracos nas atividades um (75,0%), cinco e seis (50,0% em cada).

Para o conceito de energia, a turma F teve um desempenho melhor que a turma A. A turma A apresentou dificuldade nas atividades um, quatro e cinco, com desempenhos fracos de 85,7%, 50,0% e 62,5%, respectivamente. A turma F apresentou desempenhos fracos apenas na atividade um, com 50,0%.

Sobre o conceito de reagentes, a turma F teve um desempenho melhor que a turma A. A turma A apresentou desempenhos fracos nas atividades três (62,5%), cinco e seis (87,5% em cada). A turma F apresentou desempenhos fracos apenas na atividade dois, com 50,0%.

Para o conceito de produtos, a turma F também teve um desempenho melhor que a turma A. A turma A apresentou dificuldade nas atividades um, três, cinco e seis, com desempenhos fracos de 57,1%, 50,0%, 87,5% e 62,5%, respectivamente. A turma F apresentou desempenhos fracos apenas nas atividades um (100%) e cinco (50,0%).

4.2.7 – Turma G

O desempenho dos estudantes da turma G no questionário inicial será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A. Em relação à turma A da mesma escola, o desempenho dos estudantes da turma G foi semelhante. Ocorreram diferenças de desempenho nas questões cinco e sete, sobre a produção de organismos geneticamente modificados e sobre evidências em uma investigação, respectivamente. Na questão cinco, sobre a produção de organismos geneticamente modificados, houve aumento nos acertos, de 12,5% na turma A para 39,3% na turma G. Na questão sete, que trata sobre a observação de uma cédula de dinheiro falsa, houve aumento de acertos, de 43,8% para 85,7% e, além disso, houve redução de estudantes que apontaram ser possível comprar uma cesta básica com a nota, de 34,4% para 7,1%. Assim, no geral, os alunos da turma G obtiveram um bom desempenho no questionário, demonstrando que apresentavam os conceitos necessários (subsunçores) para a realização das atividades durante o período letivo.

O rendimento dos estudantes da turma G da Escola “1”, durante o ano letivo, pode ser resumido na tabela 4.7, que foi produzida, excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (40,5%) de um total de 37 alunos. Esse número elevado de estudantes que tiveram dados insuficientes ocorreu devido ao fato de que os estudantes dessa turma faltavam muito às aulas.

TABELA 4.7 – Rendimento dos alunos da turma G da escola “1” durante o ano letivo.

Conceito	Rendimento (%)	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Procedimento		40,1	18,2	22,7	18,2
Reagentes (Submicroscópico)		22,7	45,4	22,7	9,1
Produtos (Submicroscópico)		45,4	27,3	18,2	9,1
Evidências		9,1	31,8	59,1	0,0
Energia		18,2	54,5	9,1	18,2
Lei de Lavoisier		18,2	40,1	18,2	22,7
Reagentes		18,2	36,4	31,8	13,6
Produtos		22,7	63,6	4,5	9,1
Lei de Proust		22,7	45,4	13,6	18,2
Estequiometria		27,3	50,0	13,6	9,1

É possível observar na tabela 4.7 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de reagentes e de produtos, para os conceitos de produtos, Lei de Proust e estequiometria. Parte considerável dos alunos da turma apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos, exceto para a proposição do experimento. Além disso, houve regressão no rendimento de parte dos alunos para a elaboração de proposta de procedimento experimental, representações submicroscópicas de reagentes, para evidências de reações químicas e para o conceito de reagentes. Por fim, houve um rendimento constante de parte significativa dos alunos para a Lei de Lavoisier.

Em relação à turma A, apareceram algumas diferenças, inicialmente sobre as representações submicroscópicas dos reagentes, pois houve redução de oscilações nos rendimentos dos estudantes, de 72,7% na turma A para 45,4% na turma G. Para o conceito de energia houve uma redução das evoluções, de 48,5% na turma A para 18,2% nessa turma.

Além disso, para a Lei de Lavoisier, houve redução na regressão, de 60,6% para 18,2%. Por fim, para o conceito de reagentes, a redução de regressões foi de 68,7% na turma A para 31,8% na turma G. Estas turmas possuem professoras diferentes, a Professora P2 na turma A e a professora P1 na turma G; foram desenvolvidos, entretanto, os mesmos conteúdos por meio da mesma abordagem. Assim, é possível que a diferença de rendimento das turmas seja atribuída às diferenças individuais entre as professoras. Cabe salientar também que a turma G é do período noturno e que ocorrem muitas faltas dos estudantes e isto pode ser um fator que diferencia o rendimento dessa turma em relação à turma A, que é do período matutino. É importante lembrar que existe uma diferença entre os estudantes do período noturno, que geralmente são trabalhadores, e os do período matutino, que pode resultar em diferenças de desempenho nas atividades realizadas.

De forma geral, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades realizadas em grupos, a maior parte do desempenho foi considerada boa (4,8%) ou ótima (64,6%). Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos em

algumas atividades, como representações submicroscópicas de reagentes, Lei de Lavoisier e conceito de produtos.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma G foi similar ao desempenho dos grupos da turma A. Apesar disso, houve diferenças de desempenho, sobre os conceitos de energia e de reagentes.

Sobre o conceito de energia, a turma G teve um desempenho melhor que o da turma A. A turma A apresentou dificuldades nas atividades um, quatro e cinco, com desempenhos fracos de 85,7%, 50,0% e 62,5%, respectivamente. A turma G apresentou desempenho fraco de 50,0%, apenas para a primeira atividade.

Para o conceito de reagentes, a turma G também teve um desempenho melhor que o da turma A. Na turma A houve dificuldade nas atividades três (62,5%), cinco e seis (87,5% em cada). Na turma G, para este conceito não houve dificuldade apresentada pelos grupos.

4.2.8 – Turma H

O desempenho dos estudantes da turma H no questionário inicial será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A. Em relação à turma A, o desempenho dos estudantes da turma H foi semelhante, exceto diferenças observadas na questão sete, sobre evidências em uma investigação. Na questão sete, sobre a observação de uma cédula de dinheiro falsa, houve aumento nos acertos, de 43,8% na turma A para 78,6% na turma H tendo ocorrido, também, redução dos estudantes que apontaram ser possível comprar uma cesta básica com a cédula, de 34,4% para 0%. Assim, os alunos da turma H demonstraram possuir os conceitos necessários (subsunçores) para a realização das atividades durante o período letivo.

O rendimento dos estudantes da turma H da Escola “1”, durante o ano letivo, pode ser resumido na tabela 4.8, que foi produzida, excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (41,3%) de um total de 46 alunos. Nessa turma também ocorreram muitas faltas dos estudantes, por isso houve um número elevado de alunos que tiveram dados insuficientes para determinar o seu rendimento.

É possível observar na tabela 4.8 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a maioria dos

conceitos, exceto para: representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de energia, Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação em relação à maioria dos conceitos abordados, exceto: a proposição do procedimento experimental e evidências de reações químicas. Além disso, houve regressão no rendimento de parte significativa dos alunos para representações submicroscópicas de reagentes e de produtos, para o conceito de evidências de reações químicas, para a Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Por fim, houve rendimento constante de parte dos alunos para representações submicroscópicas dos reagentes, para o conceito de energia, para a Lei de Proust e para o conceito de estequiometria.

TABELA 4.8 – Rendimento dos alunos da turma H da escola “1” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	77,8	18,5	3,7	0,0
Reagentes (Submicroscópico)	18,5	29,6	22,2	29,6
Produtos (Submicroscópico)	29,6	37,0	22,2	11,1
Evidências	22,2	11,1	66,7	0,0
Energia	33,3	33,3	7,4	25,9
Lei de Lavoisier	14,8	51,8	18,5	14,8
Reagentes	0,0	33,3	55,5	11,1
Produtos	44,4	40,7	3,7	11,1
Lei de Proust	37,0	25,9	14,8	22,2
Estequiometria	37,0	22,2	11,1	29,6

Em relação à turma A, houve algumas diferenças, inicialmente, sobre o conceito de produtos de uma reação, com aumento do rendimento de produtos, de 12,1% na turma A para 44,4% na turma H. Para as representações submicroscópicas de reagentes houve redução do rendimento de oscilação, de 72,7% para 29,6% e, além disso, consta aumento no rendimento constante, de 0% na turma A para 29,6% na turma H. Por fim, sobre a Lei de Lavoisier a redução no rendimento de regressão foi de 60,6% para 18,5%. Essas turmas também possuem professoras diferentes, a Professora P2 na turma A e a professora P1 na turma H, e o currículo e a abordagem foram os mesmos, assim, se pode atribuir a diferença de

rendimento das turmas às diferenças individuais entre as professoras. Cabe salientar também que a turma H também é do período noturno e que também ocorreram muitas faltas dos estudantes, e dessa forma, estes podem ser fatores que diferenciam o rendimento dos estudantes desta turma em relação à turma A, que é do período matutino.

De forma geral, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades realizadas em grupos, a maior parte do desempenho dos grupos foi considerada boa (8,9%) ou ótima (57,2%). Entretanto, houve dificuldade dos grupos para alguns conceitos, como representações submicroscópicas de reagentes e de produtos, energia, Lei de Lavoisier, conceito de reagentes e estequiometria.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma H foi semelhante ao desempenho dos grupos da turma A. Entretanto, houve diferenças de desempenho sobre as representações submicroscópicas de produtos, sobre o conceito de produtos e estequiometria.

Sobre as representações submicroscópicas de produtos, a turma A obteve desempenho melhor que a turma H. A turma apresentou dificuldade nas atividades um e seis, com desempenhos fracos de 57,1% e 62,5%, respectivamente. A turma H apresentou desempenhos fracos nas atividades um, quatro (75,0% em cada) e cinco (50,0%).

Sobre o conceito de produtos, a turma H obteve desempenho melhor que o da turma A. A turma A apresentou dificuldades nas atividades um, três, cinco e seis, com desempenhos fracos de 57,1%, 50,0%, 87,5% e 62,5%, respectivamente. A turma H apresentou desempenhos fracos nas atividades um (50,0%) e cinco (62,5%).

Para o conceito de estequiometria, a turma H teve mais dificuldade em geral do que a turma A. A turma H apresentou dificuldades nas atividades um, quatro e cinco, com rendimento fraco de 50,0% em cada, enquanto a turma A apresentou dificuldade apenas na atividade 2, com 50,0% de desempenhos fracos.

4.3 – Rendimento das turmas da Escola “2”

O rendimento das turmas da Escola “2” ao longo do período letivo será apresentado a seguir, bem como os resultados do questionário inicial, além de

apresentar também o desempenho dos estudantes durante as atividades em grupo. Para esta análise, os dados são apresentados de forma sucinta e comparados com a turma A da Escola “1”.

4.3.1 – Turma A

O desempenho dos estudantes da turma A da Escola “2”, denominada turma A2 neste tópico será apresentado de forma sucinta no questionário inicial e comparado com o da turma A da Escola “1”, chamada de turma A1 neste tópico. Em relação à turma A1, o desempenho dos estudantes da turma A2 foi semelhante, exceto na questão doze, sobre evidências em uma investigação. Na questão doze, sobre um conflito armado, houve um aumento no número de acertos, de 0% na turma A1 para 93,4% na turma A2. Além disso, foi observada redução da frequência das respostas dos estudantes de que a figura 4.7 representava um terremoto e um incêndio, de 31,2% para 0% e de 56,2% para 3,1%, respectivamente. Assim, no geral, os alunos da turma A2 obtiveram bom desempenho no questionário, demonstrando que apresentavam os conceitos necessários (subsunçores) para a realização das atividades durante o período letivo.

O rendimento dos estudantes da turma A1, durante o ano letivo, pode ser resumido na Tabela 4.9, que foi produzida, excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (18,6%) de um total de 43 alunos. Também será apresentada uma análise sucinta, pois foi elaborada com a mesma metodologia aplicada para a análise do rendimento da turma A1.

Na tabela 4.9 é apresentado que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma demonstrou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para o conceito de energia, para os conceitos de produtos e estequiometria. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos, exceto: proposição do experimento, evidências de reações químicas e estequiometria. Além disso, houve regressão no rendimento de parte significativa dos alunos para a maior parte dos conceitos, exceto a elaboração de procedimento experimental, para o conceito de energia e produtos de uma reação. Por fim, não houve rendimento constante de parte significativa dos estudantes desta turma.

TABELA 4.9 – Rendimento dos alunos da turma A2 da escola “2” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	71,4	8,6	17,1	2,8
Reagentes (Submicroscópico)	8,6	37,1	51,4	2,8
Produtos (Submicroscópico)	17,1	37,1	40,0	5,7
Evidências	0,0	14,3	85,7	0,0
Energia	34,3	48,6	8,6	8,6
Lei de Lavoisier	2,8	34,3	48,6	14,3
Reagentes	8,6	31,4	51,4	8,6
Produtos	34,3	42,9	14,3	8,6
Lei de Proust	14,3	25,7	40,0	20,0
Estequiometria	37,1	22,9	25,7	14,3

Em relação à turma A1, houve algumas diferenças, inicialmente sobre as representações submicroscópicas dos reagentes, pois houve redução de oscilações, de 72,7% da turma A1 para 37,1% na turma A2 e também ocorreu um aumento de regressões, de 12,1% para 51,4%. Além disso, para evidências de reações químicas e Lei de Proust ocorreram aumentos nas regressões, de 60,6% para 85,7% e de 15,2% para 40,0% respectivamente. Assim, as diferenças de rendimento das turmas podem ser atribuídas às diferenças existentes entre as turmas, como: professores e estruturas das escolas. A diferença entre os professores, P2 na turma A1 e P3 na turma A2, apesar de trabalharem o mesmo currículo com a mesma abordagem pode ter contribuído para os diferentes rendimentos. Além disso, a estrutura das escolas também pode ter contribuído para os rendimentos, já que a Escola “1” possui um laboratório de Química bem equipado enquanto a escola “2” não o tem.

De forma geral, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades realizadas em grupos não houve dificuldades. Entretanto, os grupos apresentaram desempenhos fracos para alguns conceitos, como representações submicroscópicas de reagentes, Lei de Lavoisier, conceito de reagentes e estequiometria.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma A2 foi semelhante ao desempenho dos grupos da turma A1. Houve diferenças de desempenho sobre os conceitos de energia, produtos e estequiometria.

Sobre o conceito de energia, a turma A2 teve um desempenho melhor que a turma A1. A turma A1 apresentou dificuldade nas atividades um, quatro e cinco, com desempenhos fracos de 85,7%, 50,0% e 62,5%, respectivamente. A turma A2 encontrou desempenhos fracos nas atividades um (100%) e cinco (60,0%).

Sobre o conceito de produtos, a turma A2 também teve um desempenho melhor que a turma A1. A turma A1 teve dificuldade nas atividades um, três, cinco e seis, com desempenhos fracos de 57,1%, 50,0%, 87,5% e 62,5%, respectivamente. A turma A2 apresentou desempenhos fracos nas atividades um (66,7%) e cinco (80,0%).

Para o conceito de estequiometria, a turma A2 teve mais dificuldade no geral do que a turma A1. A turma A2 apresentou dificuldades nas atividades três, quatro e seis, com frequências de rendimento fraco respectivamente: 85,7%, 80,0% e 50,0%, enquanto a turma A apresentou dificuldade apenas na atividade dois, com 50,0% de desempenhos fracos.

4.3.2 – Turma B

O desempenho dos estudantes da turma B da escola “2” no questionário inicial será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A da Escola “1”. Em relação à turma A da Escola “1”, o desempenho dos estudantes da turma B da escola “2” foi semelhante, novamente exceto a questão doze, sobre evidências em uma investigação. Nessa questão sobre um conflito armado, houve um aumento no número de acertos, de 0% na turma A da Escola “1” para 91,2% na turma B.

Além disso, foi observada redução das respostas dos estudantes de que a figura 4.7 representava um terremoto e um incêndio, de 31,2% para 5,9% e de 56,2% para 0%, respectivamente. Assim, no geral, os alunos da turma B obtiveram um bom desempenho no questionário, podendo-se afirmar que possuem os conceitos necessários (subsunçores) para a realização do projeto.

O rendimento dos estudantes da turma B, durante o ano letivo, pode ser resumido na Tabela 4.10, que foi produzida, excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (25,0%) de um total de 44 alunos.

Ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de produtos e para o conceito de energia. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos, exceto evidências de reações químicas. Além disso, houve regressão no rendimento de parte importante dos alunos na maioria dos conceitos, exceto: proposição de procedimentos experimentais, nas representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de energia e estequiometria. Por fim, houve um rendimento constante de parte significativa dos alunos para a representação submicroscópica dos produtos, para a Lei de Lavoisier, para a Lei de Proust e para o conceito de estequiometria.

TABELA 4.10 – Rendimento dos alunos da turma B da escola “2” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	54,5	21,2	18,2	6,1
Reagentes (Submicroscópico)	9,1	45,4	27,3	18,2
Produtos (Submicroscópico)	21,2	42,4	15,1	21,2
Evidências	9,1	15,1	75,7	0,0
Energia	51,5	39,4	6,1	3,0
Lei de Lavoisier	9,1	42,4	27,3	21,2
Reagentes	18,2	27,3	39,4	15,1
Produtos	15,1	39,4	30,3	15,1
Lei de Proust	15,1	30,3	27,3	27,3
Estequiometria	12,1	39,4	12,1	36,4

Em relação à turma A da Escola “1” estiveram presentes algumas diferenças e sobre as representações submicroscópicas dos reagentes houve redução do rendimento de oscilação, de 72,7% na turma A para 45,4% na turma B.

Além disso, para a Lei de Lavoisier houve redução das regressões, de 60,6% na turma A para 27,3% na turma B. Por fim, para o conceito de reagentes, também houve redução nos rendimentos de regressão, de 69,7% para 39,4%. Assim, como na turma A2, é possível que as diferenças de rendimento entre as turmas sejam referentes às diferenças existentes entre as turmas, tanto em relação aos professores, quanto à estrutura das escolas. Entretanto, também é possível que essa diferença de rendimento esteja relacionada a um comportamento diferente dos estudantes em relação ao processo de aprendizagem.

De forma geral, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades realizadas em grupos, a maior parte do desempenho grupos foi considerado bom (6,7%) ou ótimo (54,8%). Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos em algumas atividades, como representações submicroscópicas de reagentes, energia, Lei de Lavoisier, conceito de reagentes e de produtos, Lei de Proust e estequiometria.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma B da Escola “2” foi semelhante ao desempenho dos grupos da turma A da Escola “1”. Houve diferenças de desempenho sobre a Lei de Proust e estequiometria.

Sobre a Lei de Proust, a turma A teve um desempenho melhor que a turma B. A turma A apresentou 87,5% de desempenho fraco na atividade cinco e a turma B apresentou desempenhos fracos nas atividades três (60,0%), quatro e cinco (66,7% em cada).

Para o conceito de estequiometria, a turma A também teve um desempenho melhor que o da turma B. A turma B apresentou dificuldades nas atividades um, dois e três, com frequências de desempenho fraco respectivas: 66,7%, 50,0% e 60,0%, enquanto a turma A apresentou dificuldade apenas na atividade dois, com 50,0% de desempenhos fracos.

4.3.3 – Turma C

O desempenho dos estudantes da turma C da Escola “2” no questionário inicial será apresentado de forma sucinta e comparado com o da turma A da Escola “1”. Em relação à turma A da Escola “1” o desempenho dos estudantes da turma C da Escola “2” foi bem semelhante. As diferenças de desempenho foram

observadas nas questões sete e doze, ambas sobre evidências em uma investigação. Na questão sete, sobre a observação de uma cédula de dinheiro falsa, houve redução de 34,4% na turma A da Escola “1” para 3,0% na turma C, do número de estudantes que apontaram ser possível comprar uma cesta básica com a tal cédula.

Na questão doze, sobre um conflito armado, houve também um aumento de acertos, de 0% da turma A da Escola “1” para 78,8% da turma C da Escola “2” e, além disso, foi observada redução de 56,2% para 0%, das respostas, que relacionaram a figura com um incêndio, Portanto, os alunos da turma C tiveram um bom desempenho no questionário e, assim, possuem os conceitos necessários para a realização do projeto, durante o ano letivo.

O rendimento, durante o ano letivo, dos estudantes da turma C pode ser resumido na tabela 4.11, que foi produzida excluindo-se os alunos que tiveram dados insuficientes (22,5%) de um total de 40 alunos.

TABELA 4.11 – Rendimento dos alunos da turma C da Escola “2” durante o ano letivo.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	77,4	16,1	3,2	3,2
Reagentes (Submicroscópico)	12,9	71,0	6,4	9,7
Produtos (Submicroscópico)	45,2	35,5	12,9	6,4
Evidências	22,6	22,6	54,8	0,0
Energia	61,3	19,3	9,7	9,7
Lei de Lavoisier	22,6	32,2	29,0	16,1
Reagentes	3,2	51,6	16,1	29,0
Produtos	41,9	38,7	12,9	6,4
Lei de Proust	38,7	19,3	6,4	35,5
Estequiometria	25,8	38,7	6,4	29,0

É possível observar na tabela 4.11 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a maioria dos conceitos, exceto para as representações submicroscópicas de reagentes e para o conceito de reagentes. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de

rendimento para a maioria dos conceitos, exceto: proposição do experimento, para o conceito de energia, para a Lei de Proust e estequiometria. Além disso, notou-se regressão no rendimento de outra parte significativa dos estudantes para evidências de reações químicas e para a Lei de Lavoisier. Por fim, parte importante dos alunos apresentou rendimento constante para o conceito de reagentes, para a Lei de Proust e o conceito de estequiometria.

Em relação à turma A, houve algumas diferenças, sobre as representações submicroscópicas de produtos, com um aumento no rendimento de evolução dos estudantes, de 15,2% na turma A para 45,2% na turma C. Além disso, para o conceito de produtos, o aumento na evolução foi de 12,1% para 41,9%. Para o conceito de reagentes houve um aumento nas oscilações, de 21,2% na turma A para 51,6% na turma C. Por fim, para a Lei de Lavoisier, a redução nas regressões foi de 60,6% para 29,0%.

Assim, as diferenças de rendimento podem ser atribuídas às diferenças existentes entre as turmas, como: professores, estruturas das escolas e período escolar. A diferença entre os professores, a Professora P2 na turma A1 e o Professor P4 na turma C, pode ter contribuído para os diferentes rendimentos. Além disso, a diferença na estrutura das escolas pode ser um fator que diferencia os rendimentos, uma vez que a Escola “1” conta com um laboratório de Química bem equipado e a Escola “2” não o possui. Por fim, a turma C da Escola “2” é do período noturno, enquanto a turma A da Escola “1” é do período matutino, e isso pode ser um fator de peso no rendimento das turmas.

De forma geral, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades realizadas em grupos, a maior parte do desempenho grupos foi considerada boa ou ótima. Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos, como representações submicroscópicas de reagentes, energia e conceito de reagentes e produtos e estequiometria.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma C foi similar ao desempenho dos grupos da turma A. Existiram, porém, diferenças de desempenho, sobre as representações submicroscópicas dos reagentes e Lei de Lavoisier.

Sobre o conceito de representações submicroscópicas de reagentes, os estudantes da turma C tiveram um desempenho melhor que os da turma A. Na turma A, as dificuldades ficaram concentradas nas atividades dois, quatro e seis,

com desempenhos fracos de 87,5%, 50,0% e 100%, respectivamente. A turma C apresentou dificuldades nas atividades dois (100%) e cinco (50,0%).

Para a Lei de Lavoisier, a turma C teve também teve desempenho melhor que a turma A. A turma C apresentou dificuldades nas atividades três e quatro, com frequências de desempenho fraco: 71,4% e 83,3%, respectivamente. A turma A apresentou dificuldade para as atividades dois a seis, com desempenhos fracos de: 50,0% (atividades dois e seis), 87,5% (atividades três e quatro) e 62,5% (atividade cinco).

4.4 – Rendimento geral da Escola “1”

O rendimento geral dos alunos da Escola “1” durante o período letivo será apresentado, a seguir, de forma sucinta, assim como os resultados do questionário inicial e do desempenho dos grupos. O desempenho das turmas da Escola “1” no questionário inicial é apresentado na figura 4.52 a seguir.

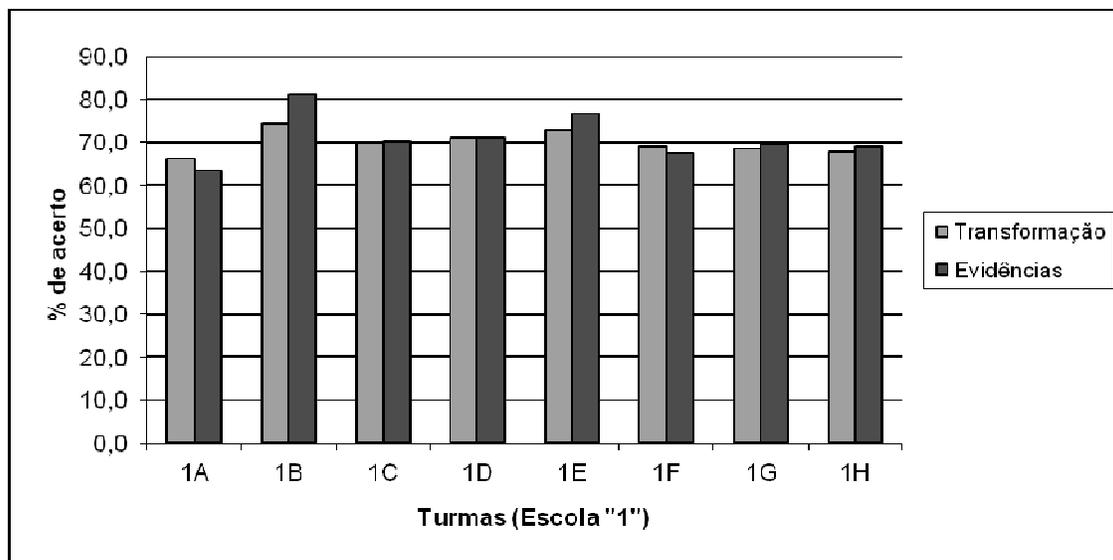


FIGURA 4.52 – Desempenhos dos estudantes da Escola “1” no questionário inicial.

Em média, as turmas tiveram cerca de 70% de acertos no total, e também para os conceitos de transformações e de evidências em uma investigação. É possível observar que a turma 1B teve um desempenho levemente superior ao das demais turmas e, além disso, a turma 1A apresentou um desempenho

levemente abaixo da média. Dessa forma, pode-se afirmar que, na Escola “1”, os estudantes apresentaram os conceitos adequados para a realização do projeto no ano letivo.

Houve dificuldade na questão sobre a produção de organismos geneticamente modificados, dentro do assunto de transformação biológica. Parte dos estudantes (23,9%) apontou que os organismos transgênicos são obtidos em laboratório a partir de materiais sintéticos e outra parte (18,4%) entendeu que a tecnologia envolvida só se aplica no cruzamento entre duas espécies. Assim, as dificuldades foram pontuais nessa questão e, dessa forma, pode-se afirmar que os estudantes apresentaram os conceitos necessários para a realização do trabalho durante o período letivo.

O total de alunos participantes da Escola “1” no projeto foi de 317 estudantes e os que apresentaram dados insuficientes consistem em 23,7% desse total. É possível observar na tabela 4.12 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes da Escola “1” apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de energia, produtos, Lei de Proust e estequiometria. Parte considerável dos alunos da Escola “1” apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos investigados, exceto para a proposição do experimento e para evidências de reações químicas. Ao mesmo tempo, houve regressão no rendimento de parte significativa dos alunos para evidências de reações químicas, para a Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Por fim, o rendimento de parte importante dos alunos para a Lei de Proust e para o conceito de estequiometria foi constante.

TABELA 4.12 – Rendimento dos estudantes ao longo do ano letivo da Escola “1”.

Conceito Rendimento (%)	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Procedimento	62,0	23,1	10,3	4,5
Reagentes (Submicroscópico)	24,0	45,0	19,0	12,0
Produtos (Submicroscópico)	34,7	37,2	16,9	11,2
Evidências	15,3	19,8	63,6	1,2
Energia	45,0	36,4	7,0	12,4
Lei de Lavoisier	12,4	35,1	38,4	14,0
Reagentes	12,8	29,3	40,1	17,8
Produtos	26,9	50,0	13,2	9,9
Lei de Proust	24,8	34,3	12,4	28,5
Estequiometria	26,0	36,4	12,8	24,8

Os desempenhos dos grupos de estudantes foram avaliados e, para a maioria dos conceitos, o desempenho nas atividades realizadas em grupos foi considerado bom ou ótimo. Entretanto, houve dificuldade dos grupos para alguns conceitos em poucas atividades. Além disso, para a Lei de Lavoisier e para o conceito de produtos houve dificuldade na maioria das atividades.

4.5 – Rendimento geral da Escola “2”

O rendimento geral da Escola “2”, durante o período letivo, será apresentado a seguir, além dos resultados do questionário inicial e dos desempenhos dos grupos. O desempenho das turmas da Escola “2”, no questionário inicial, é apresentado na figura 4.53 a seguir.

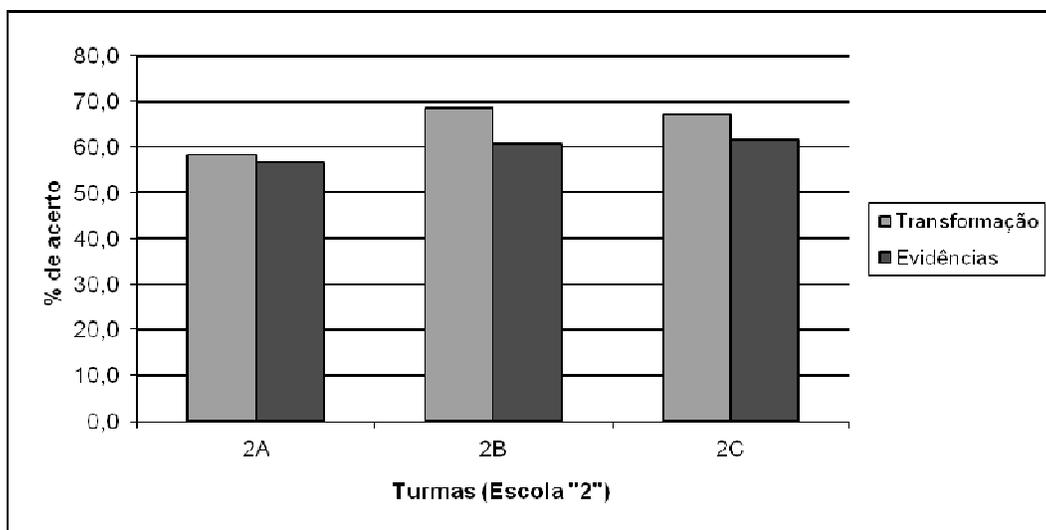


FIGURA 4.53 – Desempenhos dos estudantes da Escola “2” no questionário inicial.

As turmas da Escola “2” apresentaram, em média, cerca de 60% de acertos no total, e para os conceitos de transformações e de evidências em uma investigação. É possível observar que as turmas 2B e 2C tiveram desempenhos semelhantes e a turma A apresentou um desempenho levemente abaixo das demais. Dessa forma, é possível afirmar que, na Escola “2”, os estudantes apresentaram os conceitos suficientes para o desenvolvimento do projeto durante o período letivo.

Nessa escola, houve um pouco mais de dificuldades no questionário inicial, em relação à Escola “1”. Houve dificuldade sobre o conceito de transformação química e biológica e também em uma questão sobre evidências em uma investigação e sobre a relação entre o nível macroscópico e o submicroscópico. Entretanto, foi considerado que os estudantes apresentaram o desempenho nos conceitos necessário para o desenvolvimento do trabalho.

O total de alunos participantes da Escola “2” foi de 127 estudantes e os que apresentaram dados insuficientes consistem em 22,0% desse total. É demonstrado, na tabela 4.13, que durante o período letivo, parte considerável dos estudantes da Escola “2” apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de energia, produtos e estequiometria. Parte significativa dos alunos dessa escola teve oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos investigados, exceto para a proposição do experimento e para evidências de reações químicas. Ao mesmo tempo, houve regressão no rendimento de parte significativa dos alunos,

para as representações submicroscópicas de reagentes, para a Lei de Lavoisier, para o conceito de reagentes e para a Lei de Proust. Por fim, houve rendimento constante de parte importante dos alunos para a Lei de Proust.

TABELA 4.13 – Rendimento dos estudantes ao longo do ano letivo da Escola “2”.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	67,7	15,1	11,1	4,0
Reagentes (Submicroscópico)	10,1	50,5	29,3	10,1
Produtos (Submicroscópico)	27,3	38,4	23,2	11,1
Evidências	10,1	17,2	72,7	0,0
Energia	48,5	36,4	8,1	7,1
Lei de Lavoisier	11,1	36,4	35,4	17,2
Reagentes	10,1	36,4	36,4	17,2
Produtos	30,3	40,4	19,2	10,1
Lei de Proust	22,2	25,3	25,3	27,3
Estequiometria	25,3	33,3	15,1	26,3

Realizando uma breve comparação entre os rendimentos das duas escolas, pode-se notar que foram muito semelhantes. Observando os rendimentos de evolução das duas escolas, percebe-se que a Escola “1” teve evolução nos mesmos conceitos que a Escola “2”, e também na Lei de Proust. Para o rendimento de oscilação, as duas escolas apresentaram o mesmo rendimento para exatamente os mesmos conceitos.

Sobre o rendimento de regressão, nas duas escolas parte significativa dos estudantes apresentou esse rendimento para a de Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Na Escola “1”, houve regressão também para o conceito de evidências de reações químicas e na Escola “2” houve regressão para representações submicroscópicas de reagentes. Por fim, houve rendimento constante de parte importante dos alunos das duas escolas para a Lei de Proust e, além disso, na Escola “1” também apresentou esse rendimento para o conceito de estequiometria.

Os desempenhos dos grupos de estudantes foram avaliados e apresentaram desempenhos bons (7,2%) ou ótimos (59,8%), para a maioria dos

conceitos abordados. Assim, não houve dificuldades generalizadas para nenhum conceito.

4.6 – Rendimento geral das duas escolas

O rendimento geral das duas escolas, durante o período letivo, será apresentado também de forma sucinta, além dos resultados do questionário inicial e dos desempenhos dos grupos. O desempenho das turmas das duas escolas no questionário inicial é apresentado na figura 4.54 a seguir.

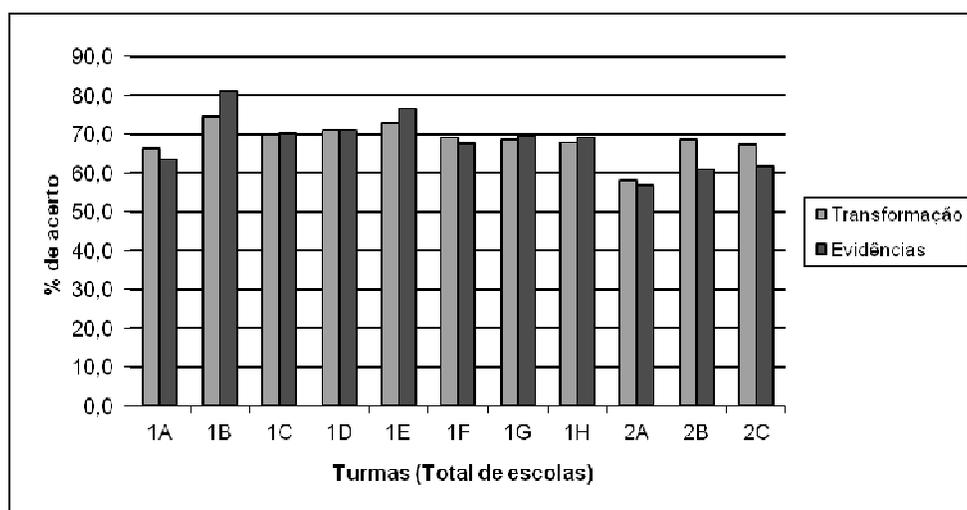


FIGURA 4.54 – Desempenhos dos estudantes das duas escolas no questionário inicial.

Em média, as turmas tiveram cerca de 70% de acertos no teste, e também para os conceitos de transformações e de evidências em uma investigação. É possível observar que as turmas 1B e 1E da Escola “1” tiveram os melhores desempenhos e, além disso, as turmas 2A, 2B e 2C da Escola “2” apresentaram desempenho levemente abaixo da média. Portanto, é possível afirmar que, apesar da diferença de desempenho, em ambas as escolas os estudantes apresentaram os conceitos adequados para a realização do projeto, ao longo do ano letivo.

Em geral, não houve maiores dificuldades no questionário inicial. Surgiram dificuldades pontuais sobre o conceito de transformação biológica e também em uma questão sobre evidências em uma investigação e sobre a relação

entre o nível macroscópico e o submicroscópico. Dessa forma, foi considerado que os estudantes apresentaram o desempenho nos conceitos necessário para o desenvolvimento do trabalho.

O total de alunos participantes das duas escolas foi de 444 estudantes e os que apresentaram dados insuficientes consistem em 23,2% desse total. É possível observar na tabela 4.14 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes das duas escolas apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de energia, produtos, e estequiometria. Parte considerável dos alunos das escolas apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos investigados, exceto para a proposição do experimento e para evidências de reações químicas. Além disso, observou-se regressão no rendimento de parte significativa dos alunos para evidências de reações químicas, para a Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Por fim, houve rendimento constante de parte importante dos alunos para a Lei de Proust e para o conceito de estequiometria.

TABELA 4.14 – Rendimento do total de estudantes ao longo do ano letivo das duas escolas.

Conceito Rendimento (%)	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Procedimento	63,6	20,8	10,6	4,4
Reagentes (Submicroscópico)	19,9	46,6	22,0	11,4
Produtos (Submicroscópico)	32,5	37,5	18,8	11,1
Evidências	13,8	19,1	66,3	0,9
Energia	46,0	36,4	7,3	10,9
Lei de Lavoisier	12,0	35,5	37,5	15,0
Reagentes	12,0	31,4	39,0	17,6
Produtos	27,9	47,2	15,0	10,0
Lei de Proust	24,0	31,7	16,1	28,2
Estequiometria	25,8	35,5	13,5	25,2

Os desempenhos dos grupos de estudantes foram avaliados e considerados bons (7,1%) ou ótimos (59,2%) para a maioria dos conceitos. Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos em certas

atividades. Além disso, para a Lei de Lavoisier e para o conceito de produtos, os grupos em geral apresentaram dificuldades na maioria das atividades.

4.7 – Avaliação do projeto

A seguir, serão apresentados os dados sobre a avaliação do projeto aplicado ao longo do período letivo e do qual participaram estudantes e professores. Os professores foram entrevistados sobre o projeto e os estudantes responderam um questionário em que avaliaram esse mesmo projeto.

4.7.1 – Avaliação realizada pelos estudantes

Ao fim do período letivo, os estudantes fizeram uma avaliação do curso por meio de um questionário escrito. Os dados das duas escolas foram agrupados e serão apresentados apenas os resultados totais. Cabe salientar que, no questionário, foi permitido que os estudantes selecionassem mais de uma alternativa, portanto, o somatório das porcentagens de cada tabela não irá corresponder a cem por cento. Quando questionados se gostaram ou não do projeto, a grande maioria dos estudantes afirmou que gostou, como se pode observar na tabela 4.15.

TABELA 4.15 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre o motivo de gostar ou não das atividades experimentais.

Sim, eu gostei		Não gostei	
Motivo	(%)	Motivo	(%)
Comecei a gostar mais de Química	47,5	Não gosto de atividades diferentes	0,7
Apreendi melhor a matéria	59,6	Perdia várias aulas para o desenvolvimento da atividade	0,7
Tornou a aula mais atrativa	74,8	Não compreendia bem o que era para ser feito	2,0
Gostei de ir ao laboratório	65,0	Não gostei de propor o experimento	1,0
Gostei de propor o experimento	33,0	Não gosto de participar da aula	0,3
Comecei a participar mais das aulas	36,4	Não gosto de ir ao laboratório	0,3
A aula passava mais rápido	39,7	Não me interessa em aprender Química	0,3
Outro motivo	5,4	Outro motivo	0

Uma pequena parte do total de estudantes declarou não ter gostado do projeto, e a maior parte desses estudantes apresentou os seguintes motivos: que não compreendiam bem o que era para ser feito e que não gostaram de propor o experimento para resolver o problema. A seguir são apresentados alguns pontos negativos do projeto segundo os estudantes:

Fazer duas vezes a mesma atividade uma individual e outra em grupo. (Aluna 8, Turma A, Escola “2”)

Alguns experimentos foram difíceis de serem realizados e sempre tinha que escrever uma teoria a respeito, uma das partes mais “chatas” do experimento. (Aluno 1, Turma A, Escola “1”)

Não tinha um laboratório adequado para os experimentos. (Aluno 38, Turma C, Escola “2”)

Algumas pessoas não sabiam como usar a liberdade que era dada no laboratório. (Aluno não identificado, Turma A, Escola “1”)

Assim, poucos estudantes apontaram que as atividades ficaram repetitivas, com as etapas individuais e em grupo. Além disso, uma minoria também apontou que era monótono escrever na “folhinha”, referindo-se à elaboração de hipóteses e de propostas de procedimentos experimentais. Poucos alunos da Escola “2” apontaram que o fato de não haver um laboratório de Química consistia em um

ponto negativo no projeto. Por fim, alguns estudantes apontaram que a indisciplina, em alguns momentos das aulas, atrapalhou a realização do projeto.

Por outro lado, a grande maioria dos estudantes gostou do projeto. Todos os motivos apresentados no questionário, caso os alunos tivessem gostado do projeto, tiveram elevado número de respostas. Os motivos que tiveram maior número de respostas foram: que o projeto tornou a aula mais atrativa (74,8%), que gostei de ir ao laboratório (65,0%), que houve um melhor aprendizado dos conteúdos (59,6%) e que comecei a gostar de Química (47,5%). Cabe salientar, também, que uma parcela significativa apontou que com o projeto começou a participar mais das aulas (36,4%). Além disso, boa parte dos estudantes (33,0%) afirmou ter gostado de propor procedimentos experimentais para resolver problemas. Esses motivos apresentados pelos estudantes são coerentes com o que se observa na literatura, sobre a aprendizagem quando ocorre por meio de uma abordagem experimental investigativa (HOFSTEIN e LUNETTA, 2003).

Sobre a dificuldade nas atividades, podem-se observar as opiniões dos estudantes na tabela 4.16. De forma geral, apontaram que as atividades dois, três e um eram as mais fáceis, e que as atividades seis, quatro e cinco eram as mais difíceis, respectivamente.

TABELA 4.16 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a dificuldade das atividades experimentais investigativas.

Atividade / Dificuldade (%)	Fácil	Difícil
1) Produção de gás a partir do bicarbonato de sódio e vinagre	71,4	15,1
2) Queima da palha de aço	81,8	7,4
3) Queima do álcool e do querosene	61,9	23,6
4) Produção do precipitado	42,8	39,4
5) Descoberta do reagente em excesso	45,5	43,8
6) Cálculo das calorías da queima de um grão de amendoim	55,9	30,6

Sobre a contribuição de cada etapa das atividades experimentais investigativas para a aprendizagem, como pode ser observado na tabela 4.17, a maioria apontou que a realização do experimento e a discussão dos resultados são as etapas mais importantes. Ainda assim, todas as etapas apresentadas no questionário (elaboração de etapas individuais e em grupos, realização do

experimento e discussão dos resultados) tiveram um número elevado de respostas que consideram as etapas como as mais importantes para o aprendizado de Química. Por outro lado, a maioria também indicou que as etapas de elaboração de hipóteses individuais e em grupos são as etapas menos importantes para a aprendizagem.

TABELA 4.17 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a contribuição das etapas das atividades experimentais investigativas para a aprendizagem.

Etapa / Contribuição (%)	Mais importante	Menos importante
Elaboração de hipóteses individuais	51,8	41,4
Elaboração de hipóteses em grupos	71,4	21,2
Realização do experimento	91,6	2,0
Discussão dos resultados	78,4	13,1

Os estudantes apontaram características que eles adquiriram por meio da realização do projeto, e estão apresentadas na tabela 4.18. A característica mais apontada pelos estudantes foi a de que eles aprenderam a realizar experimentos (78,1%). Apenas a professora P2 trabalhava experimentação com abordagem tradicional com os alunos, e muitas vezes de modo demonstrativo. A professora P2 ministrava aulas para cinco turmas da Escola 1. Outra característica fortemente declarada pelos estudantes foi a de que aprenderam muitas coisas sobre a Química (63,6%). Existem alguns aspectos que podem ser considerados ao analisar esta declaração dos estudantes em relação ao seu aprendizado. Eles podem estar indicando que compreenderam tanto os conceitos químicos quanto o planejamento e realização dos experimentos.

TABELA 4.18 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre as características mais importantes adquiridas com a realização das atividades experimentais investigativas.

Característica adquirida	Frequência relativa (%)
Confiança para pensar em hipóteses para resolver os problemas	33,0
Aprendi a planejar experimentos	47,8
Aprendi a realizar experimentos	78,1
Adquiriti autonomia para realizar atividades no laboratório	31,3
Consigo coletar dados durante o experimento	48,8
Consigo interpretar os dados do experimento	46,1
Consigo utilizar conhecimentos matemáticos no experimento	30,0
Sei usar conhecimentos teóricos no experimento	28,3
Sei aplicar conhecimentos em situações novas	17,8
Agora tenho pensamento crítico	19,5
Aprendi a trabalhar em grupo	44,4
Aprendi muitas coisas sobre a Química	63,6
Não percebi diferença em meu comportamento ou aprendizado	1,3

Uma dimensão do trabalho ressaltada por parte significativa dos estudantes é que consideram ter aprendido a trabalhar em grupo (44,4%) por meio do projeto. A seguir, são apresentadas algumas reflexões dos alunos sobre o trabalho em grupo realizado durante o projeto:

Aprendemos muito o que é trabalho em grupo, e assim a ouvir uns aos outros. (Aluna 6, Turma A, Escola “1”)

Trabalhamos em grupo, participamos mais das aulas, aprendemos mais sobre química (sic). (Aluno 19, Turma B, Escola “1”)

[O projeto] Proporcionou mais interação dos alunos com o professor, facilitou o aprendizado e estimulou o trabalho em grupo. (Aluno 34, Turma B, Escola “2”)

Dessa forma, os estudantes consideraram importante a etapa de trabalho em grupo nas atividades investigativas, como HOFSTEIN e LUNETTA (2003) defendem.

É interessante notar que os estudantes também apontaram que aprenderam a planejar experimentos (47,8%), a coletar os dados (48,8%) e interpretar os dados (46,6%) de um experimento. Além disso, também indicaram que têm confiança para pensar em hipóteses para resolver os problemas (33,0%) e que adquiriram autonomia para realizar atividades experimentais no laboratório (31,3%). A seguir, são apresentadas algumas reflexões dos estudantes sobre este assunto:

A química, as experiências tem (sic) um “Q” de nos fazer pensar, planejar e resolver as operações, isso é muito bom. (Aluna 24, Turma A, Escola “2”)

Eu pude passar a pensar mais sobre as experiências (sic) e desvendar mais a (sic) soluções para os problemas. (Aluna 31, Turma A, Escola “2”)

Eles ajudam a elaborarmos hipóteses (sic) e a realizar experimentos de maneira correta. (Aluno 31, Turma A, Escola “1”)

Assim, os estudantes consideraram importante a elaboração de hipóteses, o planejamento das atividades experimentais e estão de acordo com o que GIL-PÉREZ e VALDÉS CASTRO (1996) discutem sobre as atividades experimentais investigativas.

Por fim, os estudantes opinaram, em relação à sua aprendizagem, no caso de não terem participado do projeto e suas opiniões estão apresentadas na tabela 4.19. A maioria dos estudantes (57,2%) apontou que não teria aprendido tudo o que aprendeu com o projeto e outra parte (47,8%) afirmou que teria muito mais dificuldade para aprender os conceitos químicos. É interessante notar que a opinião dos estudantes se relaciona com o que defende SUART e MARCONDES (2009), de que estudantes que aprendem por meio da abordagem experimental investigativa desenvolvem melhor suas capacidades cognitivas.

TABELA 4.19 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a aprendizagem na ausência das atividades investigativas.

Opinião sobre a aprendizagem	Frequência relativa (%)
Não teria aprendido tudo o que aprendi	57,2
Teria muito mais dificuldade para aprender	47,8
Aprenderia da mesma maneira, pois as atividades não contribuíram	1,7

A seguir, são apresentadas algumas reflexões dos estudantes sobre a aprendizagem e sua relação com o projeto durante o período letivo:

Para mim todos [foram os aspectos positivos], pois tivemos as aulas teóricas para entender os experimentos e a aula prática para podermos ter a noção de como era a reação do experimento real, tirando-o do papel e pondo em prática! (Aluna 25, Turma A, Escola “2”)

Mexeu muito com a nossa mente e raciocínio. (Aluno 36, Turma H, Escola “1”)

Os aspectos positivos são que com os experimentos o nível de raciocínio dos alunos aumentaram (sic) tendo mais facilidade para resolver as atividades pedidas. (Aluna 6, Turma A, Escola “1”)

No meu ponto de vista, esse projeto teve muita importância durante o ano letivo e para ampliação dos conhecimentos em Química. Essas aulas possibilitaram a compreensão de vários acontecimentos que antes eu não tinha uma resposta e não sabia o “porque”. (Aluna 39, Turma A, Escola “2”)

Assim, os estudantes apontaram que a realização do projeto proporcionou melhoria na capacidade cognitiva para os mesmos, de acordo com o que propõem SUART e MARCONDES (2009).

Dessa forma, os estudantes avaliaram de forma positiva o projeto, e apontaram que houve melhorias em diversas habilidades ao longo da aplicação do projeto durante período letivo.

4.7.2 – Avaliação realizada pelos professores

Ao fim do período letivo os professores foram entrevistados e fizeram uma avaliação do projeto. Sobre a maior contribuição do projeto, os professores apresentaram visões distintas. A professora P1 da Escola “1”, afirmou que o projeto contribuiu para o desenvolvimento da concentração dos estudantes e na redução da falta de atenção:

Foi o novo, a descoberta, a investigação e a atenção um pouquinho mais, porque o que a gente observa nos alunos é a falta de atenção e de concentração. Então eu acho que essa parte experimental contribuiu pra isso, pra eles se concentrarem um pouco mais, apesar de continuarem falantes, mas eu acho que foi isso. (Professora P1 da Escola “1”)

A professora P2 da Escola “1” considerou como contribuição do projeto a aprendizagem dos estudantes:

É muito importante, pois coloca o aluno em contato com um mundo real, o qual, muitas vezes para ele não está nem na imaginação. E isso possibilita uma aprendizagem mais significativa. (Professora P2 da Escola “1”)

O professor P4 da Escola “2” destacou a importância do projeto, em relação ao interesse dos estudantes sobre a disciplina:

Desperta o interesse do aluno e faz com que ele aprenda fazendo e não só copiando textos e exercícios do quadro negro. (Professor P4 da Escola “2”)

Para o professor P3, da Escola “2”, o projeto contribuiu para que os estudantes passassem a ter uma outra visão da Química:

O despertar para o mundo da Ciência Química, o aluno passa a ver o conteúdo de outra maneira. (Professor P3 da Escola “2”)

Os professores de ambas as escolas afirmaram que a experimentação proporcionou melhora na aprendizagem e no comportamento dos estudantes:

Demanda algum tempo extra, mas se estiver dentro do contexto previsto para aquela série não afeta a distribuição de conteúdo. Observei que alguns alunos mudaram seu comportamento para melhor nas aulas de laboratório e na sala também e como disse anteriormente, mostraram aprendizagem com as aulas experimentais. (Professora P2 da Escola “1”)

Então, eu acho que o tempo do experimento está ideal, mas ainda falta melhorar um pouco a postura deles dentro do laboratório. Como início, eu achei muito boa a participação deles, eles sempre perguntavam se tinha aula prática, mas da participação deles eu achei interessante. (Professora P1 da Escola “1”)

Houve bastante participação dos alunos e creio que intensificou a aprendizagem, embora a sala apresente problemas de indisciplina e comportamento. (Professor P4 da Escola “2”)

Desse modo, os professores apontaram ter havido melhorias de aprendizagem conceitual e de postura dos estudantes, e coincide com o que GALIAZZI et al. (2001) defendem – a de que a experimentação promove este tipo de melhorias.

Em relação à abordagem investigativa das experiências utilizadas, os professores apontaram seus pontos positivos:

Acho interessante, desperta a curiosidade e aumenta a participação do aluno no desenvolvimento dos conteúdos. (Professora P2 da Escola “1”)

Mas eu acho muito interessante esse método de investigação e erro, e é lógico que com o erro a gente aprende, mas vai fazer com que eles participem do experimento, vai fazer com que eles realmente tenham feito aquela descoberta, e não apenas fazer a demonstração, que é como geralmente acontece. (Professora P1 da Escola “1”)

Assim, os professores apontaram que houve melhorias nas atitudes dos estudantes durante a realização de atividades experimentais investigativas, como HOFSTEIN e LUNETTA (2003) defendem. É interessante observar que a fala da Professora P1 está de acordo com o que BACHELARD (1996) e BORGES (1999) discutem sobre o erro como fonte de aprendizagem.

Os professores foram questionados se teria havido alguma melhora na aprendizagem dos estudantes em relação a turmas anteriores e suas colocações são apresentadas a seguir:

Eu vi uma boa melhora com relação a isso, turmas [de 1ª série do Ensino Médio] que nós estamos que tem pouca vontade de estudar, ainda em ritmo de Ensino Fundamental, o experimento chamou a atenção deles para aquelas coisas que foram estudados na teoria, teve experimentos que era aquilo que tava no caderno com o que tinha. Eu tava sempre chamando o conteúdo que eles viam pro laboratório. Eu vi que eles lembravam o que tinha acontecido, relatavam o experimento e começavam a fazer a ligação da teoria com a prática. Algumas vezes a gente conseguiu ver, observamos que teve uma relativa melhora nesse aprendizado deles. Ainda tem muito chão, mas é importante. (Professora P1 da Escola “1”)

Os alunos melhoraram seu desempenho nas aulas teóricas após as aulas experimentais e há sim uma diferença para melhor nas turmas que participaram do projeto, tornam-se mais interessadas nos conteúdos mesmo quando teóricos. (Professor P3 da Escola “2”)

Acredito que houve uma melhora significativa. (Professor P4 da Escola “2”)

Assim, os estudantes tiveram melhorias em suas atitudes, em relação ao interesse e sobre o estabelecimento de relações entre a teoria e a prática, de acordo com o que HOFSTEIN e LUNETTA (2003) propõem em relação ao emprego da abordagem investigativa.

Quando questionados sobre as características importantes que os estudantes adquiriram por meio da realização das atividades experimentais investigativas, os quatro professores das duas escolas expressaram suas opiniões, apresentadas na tabela 4.20.

TABELA 4.20 – Opinião dos professores das duas escolas sobre as características importantes dos estudantes adquiridas com a realização das atividades experimentais investigativas.

Característica adquirida	Frequência absoluta
Habilidade de pensar em hipóteses para resolver os problemas	3
Planejamento de experimentos	1
Realização de experimentos	1
Autonomia para realizar atividades no laboratório	1
Coleta de dados durante o experimento	3
Interpretação dos dados do experimento	2
Uso de conhecimentos matemáticos no experimento	0
Uso de conhecimentos teóricos no experimento	3
Aplicação de conhecimentos em situações novas	2
Desenvolvimento de pensamento crítico	2
Trabalho em grupo	3
Aprendizagem conceitual de Química	4

Como visto, os professores apontaram que os alunos desenvolveram a habilidade de pensar em hipóteses para resolver os problemas (3 professores), adquiriram as habilidades de coletar os dados (3) e interpretar os dados do experimento (2). Também afirmaram que os estudantes mostraram disposição em utilizar conhecimentos teóricos no experimento (3), aplicar conhecimentos em situações novas (2) e de desenvolver o pensamento crítico (2). Por fim, os professores também relataram que os estudantes desenvolveram a capacidade de trabalho em grupo (3) e todos eles indicaram que houve aprendizagem conceitual de conceitos químicos. É interessante observar as diferenças entre o que os estudantes e professores afirmaram sobre as habilidades adquiridas. Os estudantes apontaram que aprenderam a planejar e a executar experimentos e os professores não apontaram tais habilidades. Por outro lado, os professores apontaram que os estudantes desenvolveram pensamento crítico e aplicaram conhecimentos teóricos e apenas pequena parte dos estudantes considerou ter adquirido essa habilidade. Por

fim, todas estas características citadas são apontadas por HOFSTEIN e LUNETTA (2003).

4.8 – Rendimento das turmas durante o minicurso

Para o minicurso realizado no Departamento de Química da UFSCar, durante o período de 16 a 20 de janeiro de 2012, foram convidados os estudantes das duas escolas que participaram do projeto durante o ano letivo de 2011. Os estudantes da Escola “1” participaram do minicurso no período da manhã, com 16 alunos e os estudantes da Escola “2” o frequentaram durante a tarde, com 15 alunos.

O foco do minicurso foi a elaboração de hipóteses e desenvolvimento de experimentos investigativos. Assim, a metodologia proposta foi muito semelhante à empregada durante a etapa realizada durante o período letivo.

O rendimento das turmas nas atividades durante o minicurso será apresentado a seguir, bem como o desempenho dos estudantes nas atividades em grupo. Além disso, também são comparados os rendimentos dos estudantes durante o período letivo e o minicurso. Por fim, são apresentados os dados da avaliação do minicurso realizada pelos estudantes.

4.8.1 – Rendimento dos estudantes da Escola “1”

Inicialmente, serão apresentadas todas as atividades investigativas realizadas durante o minicurso e, na sequência, será apresentada a análise do rendimento dos estudantes desta turma para esse conceito.

Na primeira atividade, é solicitado que os estudantes elaborem um procedimento experimental no qual seja possível determinar se a chama de uma vela consome todo o gás oxigênio presente no ar em um sistema fechado. Os reagentes utilizados são: uma vela, fósforos, ácido acético (vinagre) e palha de aço e, além disso, os materiais disponíveis são um copo, e um vidro de relógio. Para resolver o problema, um procedimento experimental possível seria acender a vela,

fixá-la ao vidro de relógio, colocar o pedaço de palha de aço umedecida com ácido acético em volta da base da vela e fechar o sistema com o copo. Assim, é possível observar que se a palha de aço sofrer oxidação ainda existe uma quantidade de gás oxigênio presente no sistema fechado. Todas as atividades experimentais investigativas elaboradas para o minicurso podem ser observadas no Apêndice 7.

Para a segunda atividade, os estudantes são solicitados a propor um procedimento experimental no qual seja possível eliminar a produção da fuligem da chama de uma vela. Assim, os reagentes e materiais utilizados são: uma vela, uma caixa de fósforos, água oxigenada, dióxido de manganês, bexiga, um erlenmeyer e espátula. Para resolver o problema, em um erlenmeyer é adicionada a água oxigenada e misturado o dióxido de manganês. Assim, ocorre a produção de gás oxigênio, que pode ser armazenado na bexiga. Dessa forma, a vela é acesa e com o auxílio da bexiga, o gás oxigênio pode ser injetado na chama, a qual aumenta em intensidade e tem sua fuligem reduzida.

Na terceira atividade foi proposto o seguinte problema aos estudantes: como é possível simular a corrosão de um metal? Dessa forma, os reagentes e materiais disponíveis foram os seguintes: um erlenmeyer de 250 mL, uma espátula, bastão de vidro, raspas de magnésio e ácido acético (vinagre). Um procedimento experimental que resolve a questão é o seguinte: adicionar o magnésio ao erlenmeyer e adicionar o ácido acético e agitar o sistema com o bastão de vidro. Assim, será possível observar a reação química, com liberação de gás e de calor, além da corrosão do metal pelo ácido.

Na quarta atividade, os estudantes realizaram uma reação de precipitação e deveriam propor uma forma de identificar o precipitado formado. Os materiais fornecidos aos estudantes foram: solução de carbonato de sódio e de sulfato de cobre de mesma concentração, béquer de 100 mL, bico de Bunsen, arame e suporte para arame. Assim, o procedimento que permite a identificação do precipitado é a realização do teste de chama com o pó insolúvel formado.

Por fim, na quinta atividade, foi proposto que os estudantes elaborassem um procedimento experimental para determinar a quantidade de calor liberada durante a queima de um grão de castanha. Os materiais e reagentes disponíveis para os estudantes foram: uma balança de cozinha digital, uma proveta de 10 mL, um erlenmeyer de 100 mL, um termômetro, um suporte universal, um clipe para papel, duas pinças para madeira, uma castanha, fita

adesiva e uma caixa de fósforos. Um procedimento experimental para a resolução do problema é o seguinte: no suporte universal são afixados duas pinças de madeira. Em uma das pinças está preso um erlenmeyer que contém 100 mL de água e na outra pinça está preso o termômetro, que está em contato com a água dentro do tubo de ensaio. Logo abaixo do tubo de ensaio é afixada a castanha no suporte universal com o auxílio do clipe de papel e da fita adesiva. Na sequência, é anotado no caderno o valor da temperatura da água e a castanha é queimada. É realizada a observação da temperatura até o término da queima. Por fim, é anotado o valor da temperatura da água e calculada a quantidade de calor envolvida na combustão.

O rendimento dos estudantes da Escola “1” durante o minicurso é apresentado na tabela 4.21 a seguir:

TABELA 4.21 – Rendimento dos estudantes da Escola “1” no minicurso.

Conceito	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Rendimento (%)				
Procedimento	53,8	7,7	0,0	38,5
Reagentes (Submicroscópico)	15,4	23,1	15,4	46,1
Produtos (Submicroscópico)	46,1	30,8	15,4	7,7
Evidências	7,7	15,4	69,2	7,7
Energia	30,8	30,8	0,0	38,5
Lei de Lavoisier	15,4	46,1	0,0	38,5
Reagentes	7,7	15,4	46,1	30,8
Produtos	23,1	23,1	23,1	30,8
Lei de Proust	38,5	0,0	7,7	53,8
Estequiometria	15,4	15,4	0,0	69,2

Para a turma de estudantes da Escola “1”, os conceitos em que houve maior quantidade de evolução nos rendimentos, foram a proposição de procedimentos experimentais pelos estudantes (53,8%), representação submicroscópica dos produtos (46,1%), energia (30,8%) e Lei de Proust (38,5%). Assim, para estes conceitos, como os modelos mentais sofreram evolução, como BORGES (1999) observa que ocorre, existem indícios de que houve aprendizagem

significativa, como é defendido por MOREIRA (1997), quando os estudantes elaboram modelos mentais adequados na resolução de atividades.

Sobre a proposta de procedimentos experimentais, a maioria dos estudantes (53,8%) da turma da Escola “1”, agora chamada de turma “1”, apresentou evolução em seu rendimento. A Aluna 11 pode ser considerada representante desse grupo, pois apresentou desempenho incoerente na primeira atividade e coerente na terceira e quinta atividades. Na primeira atividade, investigação sobre a presença do gás oxigênio após a queima de uma vela em sistema fechado, a estudante fez uma proposta considerada incoerente, pois apenas apontou a queima da vela em um sistema fechado:

Acendemos a vela em sistema aberto, após colocarmos o copo em cima dela o fogo se apagou, pois não havia oxigênio, o gás importante para que ocorra uma reação química. Portanto é preciso de água e oxigênio. (Aluna 11, Atividade 1 do minicurso)

Na terceira atividade, sobre a corrosão de um metal por um ácido, a Aluna 11 propôs um procedimento considerado coerente:

Se colocarmos em um erlenmeyer ácido acético e acrescentar sulfato de cobre provavelmente haverá uma aceleração na corrosão do metal no caso o magnésio. Pois se com o vinagre há a corrosão, com certeza o sulfato ajudará a corroer mais rápido, pois terá mais sal. (Aluna 11, Atividade 3 do minicurso)

Além disso, a aluna ainda incorporou em sua hipótese a adição de um sal (sulfato de cobre) para acelerar a reação química. Esta relação pode ter sido estabelecida em função de uma informação discutida no minicurso sobre a ocorrência de corrosão, originada por sais, em ambientes costeiros.

Para a quinta atividade, sobre a determinação da quantidade de calorías da queima de uma castanha, a Aluna 11 também elaborou um procedimento coerente:

Primeiramente medimos a temperatura da água, em seguida fixamos o clipe na castanha e colocamos no suporte universal. Antes disso não podemos esquecer de pesar a castanha. Depois queimamos o (*sic*) a castanha, a chama aumenta a temperatura da água que está no erlenmeyer em cima da chama. Para finalizar medimos a temperatura da água e calculamos as calorías. (Aluna 11, Atividade 5 do minicurso)

Assim, a Aluna 11 e a maioria dos estudantes desta turma apresentaram uma evolução nos seus desempenhos durante o minicurso. Dessa forma, como defendem HOFSTEIN e LUNETTA (2003), houve aprendizagem de conceitos, devido ao planejamento das atividades experimentais, de interpretação e análise e comunicação de resultados para os outros estudantes.

Sobre a representação submicroscópica de produtos de uma reação, houve evolução durante o minicurso para uma parcela significativa dos estudantes (46,1%). A Aluna 5 pode ser considerada deste grupo, pois apresentou desempenho fraco na primeira atividade e ótimo na terceira e quinta atividades. Na primeira atividade, ela apontou inadequadamente como produtos da combustão da vela o gás carbônico e o gás oxigênio, apresentados na figura a seguir:

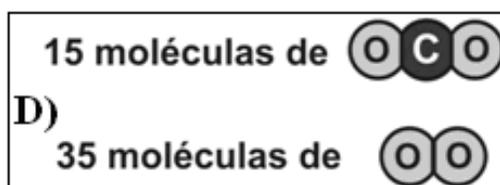


FIGURA 4.55 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pela Aluna 5 (Atividade 1 do minicurso).

Na terceira atividade, sobre a corrosão do magnésio por ácido acético, a Aluna 5 apontou adequadamente os produtos formados, apresentados na figura a seguir:

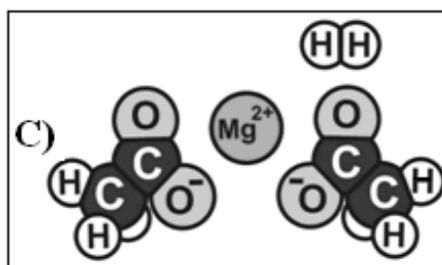


FIGURA 4.56 – Representação do sistema que contém gás hidrogênio e acetato de magnésio apontado pela Aluna 5 (Atividade 3 do minicurso).

Na última atividade, sobre a queima de uma castanha, a Aluna 5 também apontou de forma adequada os produtos formados na reação química, apresentados na figura 4.57 a seguir:

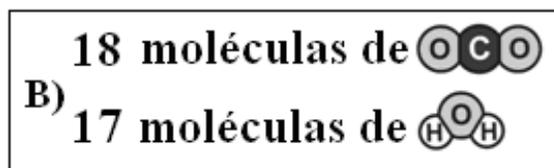


FIGURA 4.57 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pela Aluna 5 (Atividade 5 do minicurso).

Assim, houve uma evolução no rendimento da Aluna 5 e de parte significativa dos estudantes desta turma.

Sobre o conceito de energia, uma parcela significativa dos estudantes (30,8%) apresentou evolução em seu rendimento durante o minicurso. A Aluna 4 é um exemplo deste grupo, pois na primeira atividade teve um desempenho fraco e nas atividades três e cinco teve desempenhos ótimos. Na primeira atividade, sobre a queima da vela, ela apontou de forma inadequada que a temperatura iria diminuir durante a reação química. Na terceira atividade, sobre a corrosão do magnésio por um ácido, ela indicou de forma adequada que ocorre um aumento na temperatura, pois reações de corrosão geralmente são exotérmicas. Por fim, na quinta atividade, sobre a queima da castanha ela indicou que ocorre um aumento na temperatura. Assim, se pode observar que houve uma evolução em seu rendimento durante o minicurso.

Em relação à Lei de Proust, também houve evolução no rendimento de grande parte dos estudantes (38,5%) da turma. O rendimento da Aluna 4 pode ser considerado um exemplo para este conceito, pois na primeira atividade teve um desempenho fraco e na terceira e quinta atividades teve desempenhos ótimos. Na primeira atividade, em que é perguntado se a massa de um reagente é triplicada, após a ocorrência da reação química, o que ocorre com a quantidade de massa do produto formado, a Aluna 4 respondeu de forma inadequada que a massa dos produtos iria cair pela metade. Na terceira e na quinta atividades, em que foi perguntado se as massas de reagentes fossem duplicadas e quadruplicadas, respectivamente, a estudante respondeu adequadamente em ambas as atividades. Isto demonstra que houve uma evolução em seu rendimento. Assim, para estes conceitos, houve evolução nos modelos mentais de acordo com BORGES (1999), o que segundo GRECA e MOREIRA (2002) significa que houve aprendizagem. Assim,

também há indícios de ter havido aprendizagem significativa, pois os conceitos foram trabalhados em contexto diferente do abordado durante o período letivo.

Os conceitos em que houve grande frequência de oscilação no rendimento dos estudantes foram: representação submicroscópica dos produtos (30,8%), energia (30,8%) e Lei de Lavoisier (46,1%). Dessa forma, para estes conceitos é possível que tenha ocorrido aprendizagem mecânica, pois MOREIRA (1997) defende que isto ocorre quando existem dificuldades na elaboração de modelos mentais.

Em relação ao conceito de representação submicroscópica dos produtos, uma parte dos estudantes (30,8%) apresentou oscilação em seu rendimento. Na primeira atividade obteve desempenho ótimo, na terceira apresentou desempenho fraco e na quinta teve novamente um desempenho ótimo. Na primeira atividade, sobre a queima da vela, apontou adequadamente os produtos formados, apresentados na figura a seguir:

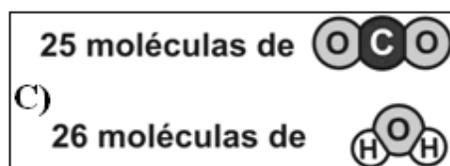


FIGURA 4.58 – Representação do sistema que contém gás carbônico e água apontado pela Aluna 3 (Atividade 1 do minicurso).

Na terceira atividade, a Aluna 3 apontou de forma inadequada que os produtos da corrosão do magnésio pelo ácido acético seriam o gás hidrogênio e íons acetato, como apresentado na figura a seguir:

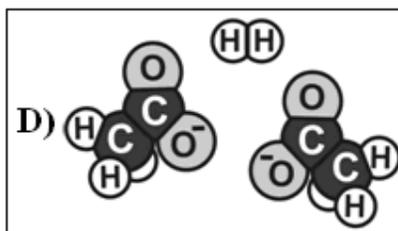


FIGURA 4.59 – Representação do sistema que contém gás hidrogênio e acetato de magnésio apontado pela Aluna 3 (Atividade 3 do minicurso).

Por fim, na quinta atividade, a Aluna 3 apontou de forma adequada os produtos da queima da castanha, o gás carbônico e a água. Portanto, foi possível observar uma oscilação em seu rendimento.

Sobre o conceito de energia, uma parte significativa da turma (30,8%) teve oscilação em seu rendimento durante o minicurso. A Aluna 5 é um exemplo deste grupo, pois na primeira atividade apresentou desempenho ótimo, na atividade três teve um desempenho fraco e na atividade cinco seu desempenho foi ótimo novamente. Na primeira atividade, sobre a queima da vela, ela apontou de forma adequada que a temperatura aumenta durante a reação química. Na terceira atividade, sobre a corrosão do magnésio por um ácido, indicou de forma inadequada que ocorre uma diminuição da temperatura. Na quinta atividade, sobre a queima da castanha, indicou de forma adequada que ocorre um aumento na temperatura. Assim, é possível observar que houve oscilação em seu rendimento durante o minicurso.

Para a Lei de Lavoisier, a maior parte dos estudantes (46,1%) apresentou oscilação em seu rendimento durante o minicurso. A Aluna 5 teve rendimento de oscilação, com desempenho ótimo na primeira atividade, fraco na terceira e ótimo novamente na quinta atividade. Na primeira atividade, a Aluna 5 defendeu que não houve alteração da massa do sistema. Na terceira atividade ela apontou de forma inadequada o aumento da massa do sistema. Por fim, na última atividade apontou que não houve alteração na massa do sistema. Assim, pode-se observar uma oscilação em seu rendimento. Então, para estes conceitos, é possível afirmar que os modelos mentais desenvolvidos pelos estudantes são instáveis, como defende NORMAN (1983), pois os estudantes, geralmente, esquecem detalhes dos modelos elaborados.

Os conceitos em que grande parte dos estudantes apresentou rendimento de regressão foram: evidências de reações químicas (69,2%) e representação submicroscópica dos reagentes (46,1%). Assim, de acordo com MOREIRA (1997), é possível que, para tais conceitos, tenha ocorrido aprendizagem mecânica, uma vez que houve dificuldades na elaboração de modelos mentais sobre tais assuntos.

Sobre o conceito de evidências de reações químicas, a maior parte da turma (69,2%) obteve o rendimento de regressão. A Aluna 4 é um exemplo desse grupo de alunos, pois obteve desempenho ótimo na primeira atividade e bom nas

atividades três e cinco. Na primeira atividade, a Aluna 4 observou adequadamente as evidências da reação química de queima de uma vela, como liberação de luz e mudança de temperatura. Na terceira atividade, sobre a corrosão do magnésio por um ácido, apontou que ocorre a mudança da coloração, mas não indicou a produção do gás. Na quinta atividade, sobre a queima da castanha, a Aluna 4 apontou que iria haver uma alteração da temperatura e uma mudança da coloração, mas não apontou a liberação da luz. Assim, a estudante apresentou um rendimento de regressão sobre este conceito.

Para as representações submicroscópicas de reagentes, parte significativa dos estudantes (46,1%) apresentou regressão durante o minicurso. A Aluna 4 também pode ser considerada exemplo desse grupo para este conceito. Na primeira atividade, sobre a queima da vela, apontou adequadamente a representação em nível submicroscópico dos reagentes, de acordo com a figura 4.60 a seguir:

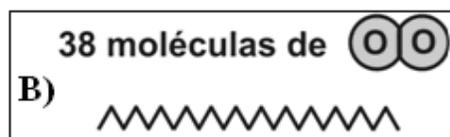


FIGURA 4.60 – Representação do sistema que contém parafina e gás oxigênio apontado pela Aluna 4 (Atividade 1 do minicurso).

Na terceira atividade, sobre a corrosão do magnésio pelo ácido acético, a Aluna 4 apontou de forma inadequada a representação submicroscópica dos reagentes, trocando o metal magnésio pela representação do gás hidrogênio, como pode ser observado na figura a seguir:

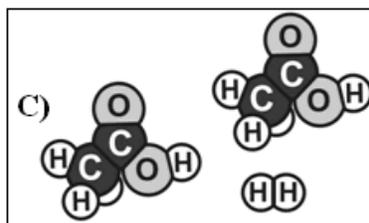


FIGURA 4.61 – Representação do sistema que contém magnésio e ácido acético apontado pela Aluna 4 (Atividade 3 do minicurso).

Por fim, na atividade cinco, sobre a queima da castanha, a Aluna 4 apontou de forma inadequada que os reagentes do sistema são o óleo da castanha

e a água, como apresentado na figura 4.62. Pode ter ocorrido um erro de compreensão em relação ao papel da água no experimento, como ocorreu durante o ano letivo. A água possui apenas o papel de ter sua variação de temperatura medida, a fim de se calcular a quantidade de calor liberadas pela queima do alimento: no entanto, durante o ano letivo, muitos estudantes confundiram a água com um reagente empregado na combustão do alimento.

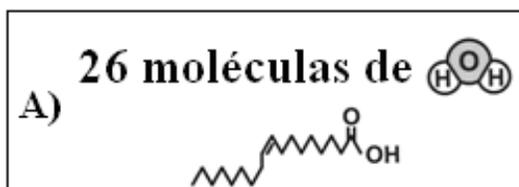


FIGURA 4.62 – Representação do sistema que contém óleo de castanha e gás oxigênio apontado pela Aluna 4 (Atividade 5 do minicurso).

Assim, se pode observar que houve regressão no rendimento da Aluna 4. É possível que os estudantes deste grupo não tenham estabelecido relações adequadas entre os níveis macroscópico e submicroscópico, como GILLESPIE (1997) aponta ser comum.

A maioria dos estudantes apresentou rendimento constante para a maior parte dos conceitos, exceto representação submicroscópica de produtos (7,7%) e evidências de reações químicas (7,7%). Para os conceitos em que houve uma parcela significativa de estudantes com rendimento constante, apenas para a Lei de Lavoisier 60,0% desses estudantes tiveram desempenho ótimo e os outros 40,0% apresentaram desempenho fraco. No restante dos conceitos em que os estudantes tiveram rendimento constante, o total de alunos apresentou desempenho ótimo durante o minicurso. Assim, esses estudantes provavelmente tiveram aprendizagem sobre os conceitos, uma vez que, como JOHNSON-LAIRD (1983) aponta, os modelos mentais foram elaborados e reelaborados de acordo com a necessidade das atividades.

Dessa forma, existem indícios de que houve aprendizagem significativa, pois MOREIRA (1997) estabelece uma aproximação teórica entre as duas teorias, no sentido de que, quando estudantes elaboram modelos mentais adequados sobre um assunto para a resolução de atividades, é sinal de que houve aprendizagem significativa.

Durante o minicurso, os estudantes também tiveram liberdade no momento de montar os grupos, o que proporcionou mudanças nos grupos e, portanto, não foi possível observar se houve evolução ou não. Dessa forma, foram avaliados apenas os desempenhos dos grupos durante a realização do minicurso.

Para a maioria dos conceitos, a maior parte do desempenho das atividades realizadas em grupos foi considerada boa ou ótima. Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos em algumas atividades, como representações submicroscópicas de reagentes e de produtos e Lei de Lavoisier.

Para os procedimentos experimentais propostos pelos estudantes em grupos, em todas as atividades a maioria dos procedimentos foi considerada coerente ou parcialmente coerente, o que novamente aponta que o procedimento, quando discutido pelos grupos, torna-se mais refinado do que a versão elaborada individualmente. Para a primeira atividade, investigação sobre a presença do oxigênio após a queima da vela em sistema fechado, o Grupo 2 propôs o seguinte procedimento considerado incoerente, pois não propõe uma forma de saber se há ou não oxigênio após a queima da vela:

ascende (*sic*) a vela
coloca o copo por cima
a vela irá apagar pois consumirá todo o gás oxigênio existente no copo.
(Grupo 2, Atividade 1 do minicurso)

A maioria dos procedimentos foram considerados coerentes (66,7%), como o dos Grupos 1 e 3:

Colocaria o bombril humedecido (*sic*) ao lado da vela, põe fogo na vela e coloca o copo em cima.
OBS: o bombril humedecido (*sic*) no vinagre.
CONCLUSÃO: se o bombril enferrujar é porque ainda existe oxigênio.
(Grupo 1, Atividade 1 do minicurso)

Para saber se há oxigênio depois da reação, é só você colocar o vinagre no bombril e colocar dentro do copo. Após a queima da vela é só observar se haverá ou não oxidação do bombril. Se houver oxidação, há oxigênio.
(Grupo 4, Atividade 1 do minicurso)

Na segunda atividade, sobre como eliminar a fuligem da chama de uma vela, houve um pouco de dificuldade, pois o Grupo 4 indicou um procedimento considerado parcialmente coerente, uma vez que não iria ocorrer a redução da fuligem: "*Para tentar eliminar a fuligem da chama da vela é necessário oxigênio formando de fato a combustão completa. $Sonrisal + H_2O = O_2$* ". Assim, a ideia de

adicionar o gás oxigênio à chama é coerente, mas a adição do “sonrisal” em água não produz o gás oxigênio. O restante das propostas foram consideradas coerentes, como a do Grupo 5:

Para a chama ficar azul e haver uma combustão completa a chama tem que receber oxigênio. Água oxigenada com dióxido de manganês liberam uma grande quantidade de oxigênio. Se fizermos essa mista (*sic*) e colocar no tubo de vidro e depois passar o oxigênio produzido para uma bexiga e liberar em pique (*sic*) nas quantidades periodicamente, conseguiremos deixar a chama da vela azul. (Grupo 5, Atividade 2 do minicurso)

Esse procedimento é considerado coerente, pois o aumento da quantidade de gás oxigênio adicionado à chama favorece uma combustão completa. Para as outras atividades, houve 100% de desempenhos coerentes. Assim, conforme HOFSTEIN e LUNETTA (2003), por meio da abordagem investigativa houve a aprendizagem da elaboração dos procedimentos experimentais.

Para o conceito de representações submicroscópicas dos reagentes, os estudantes tiveram bom desempenho nas atividades, com no máximo 20,0% de desempenhos fracos em cada atividade. Sobre o conceito de representação submicroscópica dos produtos a maioria dos estudantes também apresentou ótimos desempenhos; entretanto, houve dificuldades na terceira atividade, com 40,0% de desempenhos fracos. Os estudantes que erraram apontaram a alternativa apresentada na figura 4.63, em que os produtos consistem em íons acetato e gás carbônico.

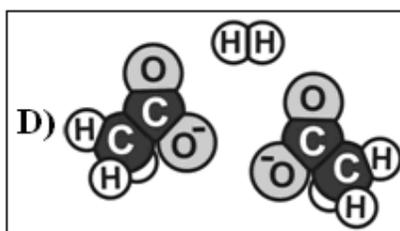


FIGURA 4.63 – Representação do sistema que contém gás hidrogênio e acetato de magnésio apontado pelos grupos de estudantes (Atividade 1 do minicurso).

Então, apesar das dificuldades pontuais nessa questão, houve o estabelecimento de relações adequadas entre os níveis macroscópico e submicroscópico pelos estudantes durante a realização do minicurso.

Para o conceito de evidências de reações químicas, os grupos também apresentaram bons e ótimos desempenhos em geral, com elevados índices de desempenhos ótimos nas atividades, de 60,0% a 100%. Em relação ao conceito de energia, os grupos também tiveram bons e ótimos desempenhos, com os ótimos variando de 80,0% a 100%. Foi observado que, para esses conceitos, os estudantes elaboraram modelos mentais adequados, de acordo com a necessidade, como é discutido por JOHNSON-LAIRD (1983). Também é possível inferir ter havido aprendizagem significativa, pois o conceito foi trabalhado em diferentes contextos dos abordados durante o período letivo.

Sobre a Lei de Lavoisier, os grupos apresentaram dificuldades nas atividades um e dois. Na primeira atividade, sobre a queima da vela em sistema fechado, um terço dos grupos afirmou que a massa dos produtos é maior que a massa dos reagentes. Um grupo apontou que a massa dos produtos é menor que a dos reagentes. Na segunda atividade, sobre a redução da fuligem da chama de uma vela, dois grupos declararam que a massa do sistema diminui após a reação química e um grupo apontou que ocorre um aumento da massa. É possível que, sobre a Lei de Lavoisier, os estudantes possuam uma concepção alternativa, em que a massa dos produtos não precisa ser igual à massa dos reagentes, de acordo com HORTON (2004).

Para os conceitos de reagentes e de produtos, os desempenhos dos estudantes em geral foram ótimos, variando de 80,0% a 100% nas atividades. Sobre a Lei de Proust e estequiometria também houve desempenhos ótimos dos grupos para a maioria das atividades e os desempenhos ótimos tiveram a variação de 83,3% a 100% nas atividades durante o minicurso. Assim, para esses conceitos, os estudantes desenvolveram modelos mentais e, desse modo, segundo GRECA e MOREIRA (2002) ocorreu aprendizagem para estes conceitos.

4.8.2 – Rendimento dos estudantes da Escola “2”

A análise de dados da turma composta por estudantes da Escola “2” foi semelhante à da Escola “1” e será apresentada sucintamente. Durante o minicurso, os estudantes da Escola “2” tiveram seu rendimento apresentado na tabela 4.37, que foi produzida de um total de 15 alunos. Daqui em diante, a turma da Escola “2”

será simplesmente denominada turma “2”, assim como a turma da Escola “1” será chamada turma “1”. Foi utilizado o critério empregado anteriormente sobre a semelhança entre os rendimentos das turmas, os quais são considerados semelhantes se houver uma diferença de até 25,0% e no caso de uma diferença maior que essa porcentagem, ela é significativa e será discutida.

É possível observar na tabela 4.22 que, ao longo do ano letivo, parte significativa dos estudantes dessa turma apresentou evolução para a proposição dos procedimentos experimentais, para as evidências de transformações químicas, para o conceito de energia e para a Lei de Proust. Uma parte considerável dos alunos apresentou oscilação de rendimento para a representação submicroscópica de produtos de uma reação, para os conceitos de reagentes e produtos e para a Lei de Lavoisier.

Além disso, houve regressão no rendimento de parte dos alunos para representações submicroscópicas de reagentes e para o conceito de evidências de reações químicas. Por fim, houve um rendimento constante de parte dos alunos para a proposição dos procedimentos experimentais, para a representação submicroscópica de reagentes, para o conceito de energia e de reagentes, para a Lei de Proust e para o conceito de estequiometria.

TABELA 4.22 – Rendimento dos estudantes da Escola “2” no minicurso.

Conceito Rendimento (%)	Evolução	Oscilação	Regressão	Constante
Procedimento	66,7	0,0	6,7	26,7
Reagentes (Submicroscópico)	20,0	26,7	20,0	33,3
Produtos (Submicroscópico)	6,7	60,0	13,3	20,0
Evidências	60,0	13,3	26,7	0,0
Energia	53,3	20,0	0,0	26,7
Lei de Lavoisier	13,3	53,3	13,3	20,0
Reagentes	20,0	40,0	13,3	26,7
Produtos	46,7	40,0	0,0	13,3
Lei de Proust	40,0	6,7	0,0	53,3
Estequiometria	6,7	6,7	6,7	80,0

Em relação à turma da Escola “1” houve algumas diferenças, sobre o conceito de representação submicroscópica dos produtos, em que na turma “1” houve 46,1% de evolução e na turma “2” houve 6,7% de evolução. Ainda sobre este conceito, na turma “1” houve 30,8% de oscilação e na turma “2” houve aumento para 60,0% de oscilação.

Para o conceito de evidências em uma reação química, na turma “1” houve 7,7% de evolução e 69,2% de regressão, enquanto na turma “2” houve 60,0% de evolução e 26,7% de regressão. Por fim, para o conceito de reagentes, na turma “1” foram 15,4% de oscilação e 46,1% de regressão e na turma “2” 40,0% de oscilação e 13,3% de regressão.

De forma geral, para a maioria dos conceitos abordados nas atividades realizadas em grupos, a maior parte do desempenho dos grupos foi considerada boa ou ótima. Entretanto, houve dificuldades dos grupos para alguns conceitos, como Lei de Lavoisier e conceito de reagentes.

O desempenho dos estudantes em grupos da turma “2” foi semelhante ao desempenho dos grupos da turma “1”. Houve algumas diferenças de desempenho, pois os estudantes da turma “2” tiveram dificuldades de forma geral sobre a Lei de Lavoisier e em algumas atividades sobre os conceitos de reagentes e produtos de uma reação.

Sobre o conceito de Lei de Lavoisier, os estudantes da turma “2” apresentaram dificuldades nas atividades um, dois, quatro e cinco, com desempenhos fracos em 100% dos alunos nas atividades um, dois e cinco, e de 75,0% fracos na atividade quatro. Na turma “1”, para a Lei de Lavoisier o desempenho dos grupos em todas as atividades foi superior a 40,0%. É possível que existam concepções alternativas que dificultam a elaboração de modelos mentais coerentes sobre este assunto, como aponta HORTON (2004), quando discute que, para os estudantes, muitas vezes não é necessário que as massas de reagentes e de produtos sejam iguais.

Para os conceitos de reagentes e produtos de uma reação, houve dificuldade nas atividades um e dois, com desempenhos fracos de 50,0% na atividade um e 75,0% na atividade dois. Na turma “1”, para os conceitos de reagentes e produtos, os desempenhos fracos dos grupos foram superiores a 60,0%. Dessa forma, na turma “2” as dificuldades foram pontuais para estes conceitos.

4.8.3 – Rendimento dos estudantes no ano letivo e no minicurso

O rendimento dos estudantes da Escola “1” que participaram do minicurso é apresentado na tabela 4.23 em dois momentos: no período letivo e no minicurso. Nessa análise, foi empregado o mesmo critério sobre a semelhança entre os rendimentos das turmas, os quais são considerados semelhantes se houver uma diferença de até 25,0% e acima dessa porcentagem, ela é significativa e será discutida. Além disso, é preciso citar que a comparação na tabela é realizada entre o rendimento dos mesmos estudantes em dois momentos distintos: na primeira etapa da coleta de dados, durante o ano letivo, e na segunda etapa, durante o minicurso.

TABELA 4.23 – Comparação do rendimento dos participantes do minicurso da Escola “1” em dois momentos: durante o ano letivo (AL) e o minicurso (MC).

Conceito Rendimento (%)	Evolução		Oscilação		Regressão		Constante	
	AL	MC	AL	MC	AL	MC	AL	MC
Procedimento	78,6	53,8	7,1	7,7	14,3	0	0	38,5
Reagentes (Submicroscópico)	35,7	15,4	42,9	23,1	28,6	15,4	0	46,1
Produtos (Submicroscópico)	35,7	46,1	28,6	30,8	14,3	15,4	21,4	7,7
Evidências	14,3	7,7	7,1	15,4	78,6	69,2	0	7,7
Energia	64,3	30,8	35,7	30,8	0	0	0	38,5
Lei de Lavoisier	14,3	15,4	42,9	46,1	42,9	0	0	38,5
Reagentes	7,1	7,7	35,7	15,4	35,7	46,1	21,4	30,8
Produtos	42,9	23,1	28,6	23,1	7,1	23,1	21,4	30,8
Lei de Proust	57,1	38,5	28,6	0	0	7,7	14,3	53,8
Estequiometria	28,6	15,4	28,6	15,4	7,1	0	35,7	69,2

Comparando-se os rendimentos obtidos pelos estudantes participantes do minicurso no ano letivo (AL) com o minicurso (MC) da tabela 4.23, houve diferenças significativas para os conceitos de proposição de procedimentos experimentais, representação submicroscópica de reagentes, energia, Lei de Lavoisier, Lei de Proust e estequiometria. Para o conceito de energia, houve uma redução no rendimento de evolução, de 64,3% no ano letivo para 30,8% no minicurso; houve, entretanto, aumento do rendimento constante de 0% para 38,5%.

Para a Lei de Proust, houve diminuição no rendimento de oscilação, de 28,6% no ano letivo para 0% no minicurso e, além disso, houve aumento no rendimento constante, de 14,3% para 53,8%.

Cabe salientar que nos rendimentos constantes, a maioria consiste em desempenhos ótimos. Sobre a Lei de Lavoisier, a redução da regressão foi de 42,9% no ano letivo para 0% no minicurso e também houve aumento no rendimento constante, de 0% para 38,5%. Por fim, os conceitos de proposta de procedimento experimental, representação submicroscópica dos reagentes, e estequiometria apresentaram aumentos nos rendimentos constantes, de 0% no ano letivo a 38,5% no minicurso, de 0% a 46,1% e de 35,7% a 69,2%, respectivamente.

Apesar de existirem dificuldades na elaboração de modelos para vários conceitos, esses números consistem em indícios de que houve aprendizagem significativa, pois aumentaram rendimentos de evolução e constante e houve queda de oscilação e regressão. Além disso, os conceitos foram utilizados em diferentes contextos de aprendizagem, de acordo com a teoria de aprendizagem significativa.

O rendimento dos estudantes participantes do minicurso da Escola “2” durante o período letivo e o minicurso é apresentado na tabela 4.24 a seguir:

TABELA 4.24 – Comparação do rendimento dos participantes do minicurso da Escola “2” em dois momentos: durante o ano letivo (AL) e o minicurso (MC).

Conceito Rendimento (%)	Evolução		Oscilação		Regressão		Constante	
	AL	MC	AL	MC	AL	MC	AL	MC
Procedimento	78,6	66,7	14,3	0	0	6,7	7,1	26,7
Reagentes (Submicroscópico)	7,1	20,0	42,9	26,7	36,7	20,0	14,3	33,3
Produtos (Submicroscópico)	42,9	6,7	14,3	60,0	28,6	13,3	14,3	20,0
Evidências	7,1	60,0	7,1	13,3	50,0	26,7	0	0
Energia	57,1	53,3	36,7	20,0	7,1	0	0	26,7
Lei de Lavoisier	21,4	13,3	21,4	53,3	50,0	13,3	7,1	20,0
Reagentes	0	20,0	21,4	40,0	57,1	13,3	21,4	26,7
Produtos	28,6	46,7	50,0	40,0	7,1	0	14,3	13,3
Lei de Proust	42,9	40,0	21,4	6,7	7,1	0	28,6	53,3
Estequiometria	36,7	6,7	36,7	6,7	7,1	6,7	21,4	80,0

Comparando-se os rendimentos dos mesmos estudantes no ano letivo (AL) com o minicurso (MC) da tabela 4.24, houve diferenças significativas para representações submicroscópicas de produtos, evidências de reações químicas, energia, Lei de Lavoisier, conceito de reagentes e estequiometria. Para as representações submicroscópicas dos produtos houve uma redução no rendimento de evolução, de 42,9% no ano letivo para 6,7% no minicurso e, além disso, houve aumento do rendimento de oscilação de 14,3% para 60,0%. Para o conceito de estequiometria houve redução na evolução, de 36,7% no ano letivo para 6,7% no minicurso, entretanto, houve aumento no rendimento constante, de 21,4% para 80,0%.

Cabe salientar que nos rendimentos constantes, a maioria consiste em desempenhos ótimos. Sobre a Lei de Lavoisier, oscilação aumentou de 21,4% no ano letivo para 53,3% no minicurso e também houve redução no rendimento de regressão, de 50,0% para 13,3%. Para evidências de reações químicas o aumento na evolução foi de 7,1% a 60,0%. Sobre o conceito de energia houve um aumento dos rendimentos constantes, de 0% a 26,7%.

Por fim, para o conceito de reagentes, houve redução no rendimento de regressão, de 57% no ano letivo para 13,3% no minicurso. Esses números são indícios de que houve aprendizagem significativa, pois em geral houve aumento de rendimentos de evolução e constante e redução de rendimentos de oscilação e regressão em relação ao ano letivo.

A comparação do rendimento dos estudantes participantes do minicurso provenientes das duas escolas, realizada em dois períodos, durante o período letivo e o minicurso é apresentado na tabela 4.25, a seguir:

TABELA 4.25 – Comparação do rendimento dos participantes do minicurso das duas escolas em dois momentos: durante o ano letivo (AL) e o minicurso (MC).

Conceito Rendimento (%)	Evolução		Oscilação		Regressão		Constante	
	AL	MC	AL	MC	AL	MC	AL	MC
Procedimento	78,6	60,7	10,7	3,6	7,1	3,6	3,6	32,1
Reagentes (Submicroscópico)	17,9	17,9	39,3	25,0	32,1	17,9	7,1	39,3
Produtos (Submicroscópico)	39,3	25,0	21,4	46,4	21,4	14,3	17,9	14,3
Evidências	10,7	35,7	7,1	14,3	82,1	46,4	0	3,6
Energia	60,7	42,9	35,7	25,0	3,6	0	0	32,1
Lei de Lavoisier	17,9	14,3	32,1	50,0	46,4	7,1	3,6	28,6
Reagentes	3,6	14,3	28,6	28,6	46,4	28,6	21,4	28,6
Produtos	35,7	35,7	25,0	32,1	7,1	10,7	17,9	21,4
Lei de Proust	50,0	39,3	25,0	3,6	3,6	3,6	21,4	53,6
Estequiometria	32,1	10,7	32,1	10,7	7,1	3,6	28,6	75,0

Comparando-se os rendimentos dos mesmos estudantes, obtidos no ano letivo com o minicurso da tabela 4.25, houve diferenças significativas para a maioria dos conceitos, exceto para os conceitos de reagentes e de produtos. Para o conceito de evidências de reações químicas, houve aumento no rendimento de evolução, de 10,7% no ano letivo para 35,7% no minicurso e, além disso, houve redução no rendimento de regressão, de 82,1% para 46,4%. Para as representações submicroscópicas dos produtos o aumento no rendimento de oscilação foi de 21,4% no ano letivo para 46,4% no minicurso.

Sobre a Lei de Lavoisier, houve redução da regressão, de 46,4% no ano letivo para 7,1% no minicurso. Por fim, os conceitos de proposta de procedimento experimental, representação submicroscópica dos reagentes, energia, Lei de Proust e estequiometria apresentaram aumentos nos rendimentos constantes, de 3,6% no ano letivo para 32,1% no minicurso, de 7,1% para 39,3%, de 0% para 32,1%, de 21,4% para 53,6% e de 28,6% para 75,0%, respectivamente. Cabe salientar que nos rendimentos constantes, a maioria consiste em desempenhos ótimos. Assim, também se podem observar indícios de aprendizagem significativa, pelo aumento no rendimento constante, com desempenhos ótimos e queda leve na oscilação e queda mais acentuada na regressão.

4.8.4 – Avaliação realizada pelos estudantes

Ao fim do minicurso, os estudantes fizeram uma avaliação pessoal, por meio de um questionário escrito. Os dados das turmas das duas escolas foram agrupados e serão apresentados apenas os resultados totais. Cabe salientar que, no questionário, foi permitido que os estudantes selecionassem mais de uma alternativa, portanto, o somatório das porcentagens de cada tabela provavelmente não irá corresponder a cem por cento. Quando questionados se gostaram ou não do minicurso, todos os estudantes afirmaram que gostaram.

Sobre a dificuldade nas atividades, é possível observar as opiniões dos estudantes na tabela 4.26. De forma geral, a maioria dos estudantes apontou que as cinco atividades desenvolvidas eram fáceis e que as atividades um e quatro eram as mais difíceis.

TABELA 4.26 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a dificuldade das atividades experimentais investigativas realizadas durante o minicurso.

Atividade / Dificuldade (%)	Fácil	Difícil
1) Presença de oxigênio em sistema após a queima da vela	66,7	29,6
2) Aumento da chama da vela	85,2	14,8
3) Corrosão de um metal	85,2	11,1
4) Determinação da identidade de uma substância (precipitado)	81,5	18,5
5) Cálculo das calorias de uma castanha	85,2	11,1

Sobre a contribuição de cada etapa das atividades experimentais investigativas para a aprendizagem, como pode ser observado na tabela 4.27, a maioria apontou que todas as etapas empregadas nas atividades eram importantes, diferentemente de sua avaliação durante o ano letivo, em que apontaram a realização do experimento e a discussão dos resultados como as etapas mais importantes. Além disso, uma parte significativa dos estudantes (22,2%) apontou que a etapa de elaboração de hipóteses individuais é a menos importante e durante o período letivo os estudantes indicaram as etapas de elaboração de hipóteses individuais e em grupos como as etapas menos importantes para a aprendizagem.

TABELA 4.27 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a contribuição das etapas das atividades experimentais investigativas para a aprendizagem durante o minicurso.

Etapa / Contribuição (%)	Mais importante	Menos importante
Elaboração de hipóteses individuais	74,1	22,2
Elaboração de hipóteses em grupos	96,3	3,7
Realização do experimento	100	0
Discussão dos resultados	96,3	3,7

Sobre a característica importante adquirida durante a realização do minicurso, a maioria dos estudantes assinalou mais de uma opção. Quando comparados os dados da tabela 4.28 sobre o minicurso com a tabela 4.18, sobre a característica adquirida ao longo do período letivo, podemos observar que uma maior parte dos estudantes apontou ter adquirido várias habilidades.

TABELA 4.28 – Opinião dos estudantes das duas escolas sobre a característica mais importante adquirida durante o minicurso.

Característica adquirida	Frequência relativa (%)
Confiança para pensar em hipóteses para resolver os problemas	55,6
Aprendi a planejar experimentos	70,4
Aprendi a realizar experimentos	88,9
Adquiri autonomia para realizar atividades no laboratório	55,6
Consigo coletar dados durante o experimento	88,9
Consigo interpretar os dados do experimento	63,0
Consigo utilizar conhecimentos matemáticos no experimento	59,3
Sei usar conhecimentos teóricos no experimento	48,1
Sei aplicar conhecimentos em situações novas	33,3
Agora tenho pensamento crítico	33,3
Aprendi a trabalhar em grupo	66,7
Aprendi muitas coisas sobre a Química	92,6
Não percebi diferença em meu comportamento ou aprendizado	0

A característica mais apontada pelos estudantes foi a de que eles aprenderam muitas coisas sobre a Química (92,6%), número relativo que é maior do que os estudantes (63,6%) que apontaram essa característica durante o período letivo. A seguir são apresentadas algumas reflexões que os estudantes fizeram sobre a aprendizagem durante o minicurso:

Apreendi e evoluí muito em Química. (Aluno 6, minicurso, Escola "1")

Uma semana legal, diferente, e de muita aprendizagem. (Aluna 10, minicurso, Escola "2")

Pois aprendi em uma semana tudo o que aprendi em um ano letivo, foi legal e bem interativo. (Aluna 12, minicurso, Escola "1")

Outra característica que teve alto índice de resposta pelos estudantes foi a de que eles aprenderam a realizar experimentos (88,9%), número maior do que o apresentado durante o período letivo (78,1%).

Outra parcela significativa dos estudantes indicou que adquiriu a habilidade de trabalhar em grupo (66,7%) durante o minicurso, visto que durante o ano letivo um número um pouco menor (44,4%) havia apontado essa característica. Assim, os estudantes indicaram que a habilidade de trabalhar em grupo é desenvolvida por meio da experimentação, de acordo com o que defendem GALLIAZZI et al. (2001).

Cabe salientar que os estudantes também apontaram que aprenderam a planejar experimentos (70,4% no minicurso e 47,8% no ano letivo), a coletar os dados (88,9% no minicurso e 48,8% no ano letivo) e a interpretar os dados (63,0% no minicurso e 46,6% no ano letivo) de um experimento. Além disso, também indicaram que têm confiança para pensar em hipóteses para resolver os problemas (55,6% no minicurso e 33,0% no ano letivo) e que adquiriram autonomia para realizar atividades experimentais no laboratório (55,6% no minicurso e 31,3% no ano letivo).

É interessante observar que essas características apontadas são as mesmas que HOFSTEIN e LUNETTA (2003) discutem que são desenvolvidas por meio das atividades experimentais investigativas. A seguir, são apresentadas algumas reflexões dos estudantes sobre a abordagem experimental investigativa:

Foi muito bom inventar (sic) uma hipótese porque antes do experimento porque aí agente (sic) tinha uma ideia de como iria ser. (Aluno 1, minicurso, Escola "1")

O trabalho em grupo, e o desenvolvimento das investigações, nos ensinaram a pensar em equipe e a ter pensamento crítico. (Aluna 15, minicurso, Escola "2")

Por fim, mesmo as características que não tiveram grande quantidade de respostas durante o período letivo, tiveram uma frequência maior de respostas durante o minicurso. Por exemplo: uma parte dos estudantes (19,5%) apontou que adquiriu um pensamento crítico durante o ano letivo, enquanto uma parte significativa dos estudantes (33,3%) apontou que adquiriu a mesma habilidade durante o minicurso. O mesmo ocorreu com a aplicação de conhecimentos em situações novas (33,3% no minicurso e 17,8% no ano letivo), uso de conhecimentos teóricos no experimento (48,1% no minicurso e 28,3% no ano letivo) e aplicação de conhecimentos matemáticos no experimento (59,3% no minicurso e 30,0% no ano letivo).

Por fim, a maioria dos estudantes (92,6%) apontou que no minicurso foi mais fácil elaborar hipóteses sobre os experimentos. A Aluna 14, da Escola "2" relatou durante o minicurso que *"Sim, [achei mais fácil elaborar hipóteses durante o minicurso], pois aumentamos a nossa capacidade de pensar."* O restante dos estudantes (7,4%) indicou que durante o minicurso não foi mais fácil elaborar as hipóteses sobre os experimentos. Essa facilidade na elaboração de hipóteses/procedimentos experimentais ocorre em virtude dos estudantes estarem mais familiarizados com a metodologia investigativa.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”.
(Nelson Mandela)

O Capítulo 5 foi estruturado com a finalidade de, inicialmente, apresentar as conclusões referentes a esta pesquisa e, em seguida, expor as considerações finais.

5.1 - Conclusões

Durante o período letivo, foi observado que, em média, houve evolução de 27,8% dos estudantes das duas escolas, tendo ocorrido também 13,5% de rendimento constante. Assim, BORGES (1998) aponta que a aprendizagem de novos conceitos resulta em modelos mentais mais elaborados, mais complexos. Também houve rendimento de oscilação em 34,2% e de regressão em 24,5%. Esses grupos de alunos apresentaram, provavelmente, modelos mentais instáveis (NORMAN, 1983) ou esqueciam detalhes dos modelos, mesmo quando submetidos a uma abordagem diferenciada de ensino, por meio da realização de atividades experimentais investigativas.

As atividades foram elaboradas em um nível de dificuldade crescente, pois os alunos adquiriam maior contato com a metodologia investigativa. Para cada conceito foram observadas todas as categorias de rendimento. Foi observada também dificuldade generalizada na atividade 5, que envolveu a generalização de conceitos.

Sobre o rendimento dos estudantes durante o período letivo, no geral, houve evolução nos modelos mentais sobre os conceitos de: proposição dos procedimentos experimentais, representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de energia, produtos, e estequiometria. Além disso, parte significativa dos estudantes apresentou oscilação de rendimento para a maioria dos conceitos investigados, exceto para a proposição do experimento e para evidências de reações químicas. Houve regressão no rendimento de parte importante dos

estudantes em relação a evidências de reações químicas, Lei de Lavoisier e para o conceito de reagentes. Por fim, houve rendimento constante de parte considerável dos modelos mentais dos estudantes para a Lei de Proust e para o conceito de estequiometria. Deve-se frisar que, no rendimento constante, a grande maioria consistiu de desempenhos bons e ótimos.

Os estudantes que tiveram evolução podem ser exemplificados pelo rendimento do Aluno 2, obtido na atividade relativa às representações submicroscópicas dos reagentes. A figura 5.1 apresenta todas as representações dos reagentes dos sistemas abordados ao longo do ano letivo.

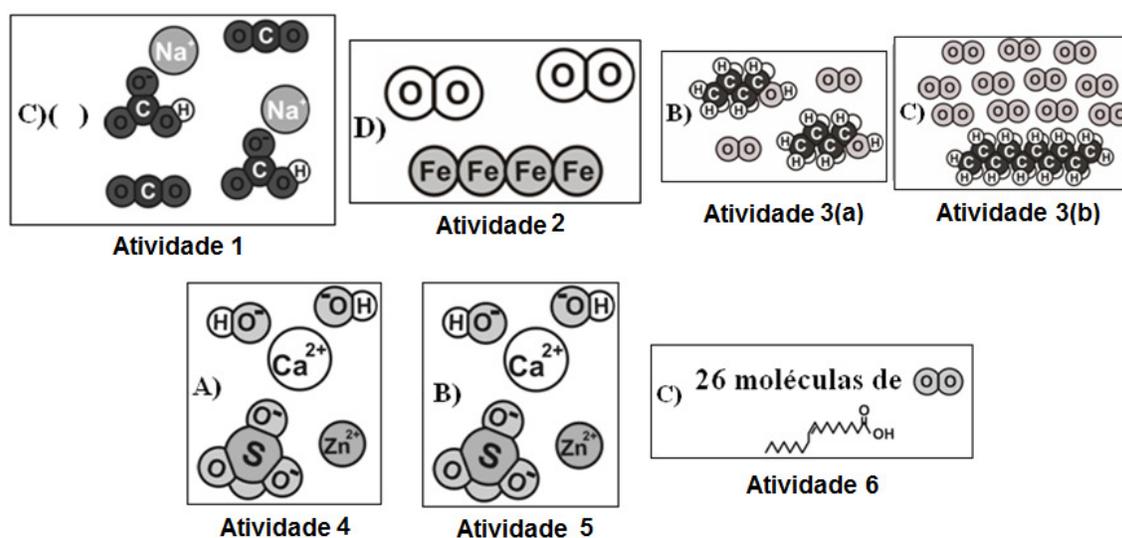


FIGURA 5.1 – Representação, do Aluno 2 da turma A da Escola 1, para os sistemas que contêm (Atividade 1) vinagre e bicarbonato de sódio; (Atividade 2) ferro e gás carbônico; (Atividade 3a) álcool e gás carbônico; (Atividade 3b) querosene e gás oxigênio; (Atividades 4 e 5) sulfato de zinco e hidróxido de cálcio e (Atividade 6) óleo de amendoim e gás oxigênio.

Nas duas primeiras atividades, o Aluno 2 teve desempenhos fracos. Na primeira atividade, era solicitado para representar um sistema que contém vinagre e bicarbonato de sódio, na qual foi selecionado um sistema com bicarbonato de sódio e gás carbônico e assim seu modelo foi classificado como fraco. Na segunda atividade, foi pedido para selecionar um sistema com ferro e gás oxigênio, e a proporção entre as espécies era importante, de dois átomos de ferro para três de oxigênio. O Aluno 2 selecionou a proporção de um átomo de ferro para um átomo de

oxigênio e teve um modelo considerado fraco. Na terceira atividade, o mesmo selecionou representações adequadas sobre sistemas com os combustíveis álcool e querosene em contato com gás oxigênio. Seu modelo para esta atividade foi considerado ótimo. Nas atividades quatro e cinco, que eram relacionadas, os reagentes e produtos eram os mesmos. Nessas atividades, o Aluno 2 considerou de forma adequada, com modelos ótimos, os reagentes sulfato de zinco e hidróxido de cálcio. Na última atividade, o estudante também representou de forma adequada um sistema que contém os reagentes óleo de amendoim e gás oxigênio.

Cabe salientar que o rendimento de evolução para a proposição de procedimentos experimentais pelos estudantes foi expressivo em todas as turmas, com média de 60,7% nas duas escolas. Assim, como HOFSTEIN e LUNETTA (2003) apontaram, ocorre a aprendizagem do desenvolvimento de hipóteses por meio do emprego da abordagem experimental investigativa.

Realizando uma breve comparação dos rendimentos dos modelos mentais dos estudantes das duas escolas, durante o período letivo, é possível observar que foram muito semelhantes, apesar da diferença de estrutura das referidas escolas, da formação dos professores e do perfil socioeconômico e o empenho dos estudantes. Assim, o trabalho desenvolvido, aparentemente, reduziu as diferenças entre as duas escolas e proporcionou níveis de aprendizagem muito semelhantes.

Em relação às atividades realizadas em grupos, os desempenhos observados para a maioria dos conceitos foram bons ou ótimos. Houve dificuldades pontuais em alguns conceitos e, além disso, houve dificuldade geral sobre os conceitos de produtos e para a Lei de Lavoisier.

Os alunos avaliaram positivamente o projeto, no sentido do desenvolvimento da aprendizagem de conceitos químicos e de outras habilidades, como o trabalho em grupo, atividades relacionadas ao planejamento e execução de experimentos, realização de coleta de dados e elaboração de hipóteses. Assim, as opiniões dos estudantes são coerentes com o que HOFSTEIN e LUNETTA (2003) defendem, ou seja, que a atividade experimental investigativa promove a aprendizagem de conceitos químicos. Além disso, as opiniões dos estudantes também estão em consonância com as afirmações de GIL-PÉREZ e VALDÉS CASTRO (1996), de que as atividades investigativas promovem a aprendizagem de diferentes habilidades, como o respeito pelo outro, o desenvolvimento do trabalho

em grupo e as atividades relacionadas a uma investigação, como elaboração de hipóteses, planejamento e realização de experimentos, além da coleta e interpretação dos dados, bem como a apresentação das conclusões para os demais estudantes.

Os professores também avaliaram o projeto de forma positiva, em relação à aprendizagem conceitual e sobre o desenvolvimento de outras habilidades, como a elaboração de hipóteses, a coleta e interpretação de dados, o uso de conhecimentos teóricos no experimento, aplicação de conhecimentos em situações novas, desenvolvimento de pensamento crítico e trabalho em grupo. Essas opiniões dos professores também são coerentes com o que é apontado na literatura (GIL-PÉREZ e VALDÉS CASTRO, 1996; SUART, 2008) sobre o efeito da abordagem experimental investigativa na aprendizagem de Ciências.

Durante o minicurso, foi observado que, em média, houve evolução de 29,7% dos estudantes e rendimento constante de 32,8% do total. Para esses grupos, seus modelos mentais foram evoluindo conforme o desenvolvimento das atividades ou se mantiveram constantes, sendo consideradas adequadas. Assim, conforme GRECA e MOREIRA (2002) apontam que, a aprendizagem ocorreu por meio de reformulações ou construção de novos modelos mentais. Tais números são indícios de que houve aprendizagem significativa, pois, conforme MOREIRA (1997) defende, o uso de modelos mentais na resolução de atividades é relacionado com a aprendizagem significativa nos termos de AUSUBEL et al. (1980). Além disso, os conceitos abordados no minicurso estavam em um contexto diferente daquele, quando ensinados em sala de aula e, dessa forma, constituem outro indício da aprendizagem significativa (NOVAK e GOWIN, 1999).

Também houve rendimento de oscilação em 23,9% e de regressão em 13,6%. Esses estudantes, provavelmente, desenvolveram modelos mentais instáveis, confusos, com muitos problemas, que não permitiram a previsão de fenômenos, como defende NORMAN (1983).

Sobre o rendimento dos estudantes durante o minicurso, em geral, houve evolução nos modelos mentais sobre os conceitos de: proposição dos procedimentos experimentais, representações submicroscópicas de produtos, para o conceito de evidências de reações químicas, energia, produtos e Lei de Proust. Além disso, parte significativa dos estudantes apresentou oscilação de rendimento

para representação submicroscópica de reagentes e produtos, para o conceito de energia, para a Lei de Lavoisier e para os conceitos de reagentes e produtos.

Houve regressão no rendimento de parte importante dos estudantes para evidências de reações químicas e para o conceito de reagentes. Por fim, houve rendimento constante de parte considerável dos modelos mentais dos estudantes para a maioria dos conceitos, exceto: representação submicroscópica dos produtos, evidências de reações químicas e para o conceito de produtos. Também é importante frisar que, no rendimento constante, a grande maioria consistiu em desempenhos bons e ótimos.

Durante o minicurso também foi observado ter havido evolução de parte expressiva dos estudantes (60,7% em média) para a proposição dos procedimentos experimentais.

Por fim, comparando-se os rendimentos dos mesmos estudantes durante o período letivo e no minicurso, é possível apontar que os rendimentos no minicurso foram superiores aos do ano letivo, com maior número de rendimentos de evolução e constantes, já que nessa última categoria a grande maioria consistiu em desempenhos ótimos. Isto é um indício de que houve aprendizagem significativa por esse grupo de estudantes.

Também foi observado ter havido uma menor quantidade de oscilações e regressões dos modelos mentais empregados na resolução das atividades. Os rendimentos também apontam no sentido da ocorrência de aprendizagem significativa pelos estudantes. Esses resultados superiores do minicurso também podem ser explicados devido ao fato de os estudantes já estarem habituados à metodologia de trabalho, pois durante todo o período letivo desenvolveram atividades semelhantes.

Durante o minicurso, os grupos apresentaram, para a maioria dos conceitos abordados, desempenhos bons e ótimos. Houve dificuldades para alguns conceitos em poucas atividades e, além disso, para os alunos da Escola “2” houve dificuldade generalizada sobre a Lei de Lavoisier. É importante lembrar que, durante o período letivo, os grupos em geral também apresentaram dificuldades para esse conceito. Ainda assim, de modo geral, os grupos apresentaram desempenhos melhores no minicurso do que no período letivo e isto também demonstra que, com o tempo de trabalho em sala de aula, os estudantes estavam mais habituados à metodologia e tiveram uma melhor aprendizagem.

Os estudantes avaliaram o minicurso também de forma positiva em relação à aprendizagem de conceitos químicos e de habilidades desenvolvidas por meio da abordagem investigativa, como a elaboração de hipóteses, as etapas de planejamento e realização de experimentos, a coleta e interpretação de dados, o uso de conhecimentos matemáticos e teóricos no experimento, além do desenvolvimento do trabalho em grupo. Por fim, também apontaram que no minicurso tiveram maior facilidade para elaborar hipóteses sobre os experimentos, que pode ter ocorrido, justamente porque os estudantes já haviam desenvolvido atividades experimentais investigativas durante o ano letivo e isto contribuiu para que o desenvolvimento da habilidade de elaborar hipóteses.

Assim, o emprego de atividades experimentais investigativas contribuiu para a aprendizagem de conceitos químicos, para o desenvolvimento de outras habilidades, como trabalho em grupo, elaboração de hipóteses e as etapas que envolvem a realização de um experimento científico.

5.2 – Considerações finais

O emprego da abordagem experimental investigativa foi um desafio para a minha prática como professor e pesquisador, pois existe um impulso em fornecer a resposta pronta aos estudantes. Eles perguntam sempre se o que propuseram está correto, e foi preciso trabalhar esse aspecto de minha prática, para que eles tivessem liberdade e, assim, pudessem pensar e propor seus próprios procedimentos experimentais. Houve intervenções nas propostas dos estudantes apenas quando havia possíveis riscos para a segurança dos alunos. Nesses casos, foi levantada essa questão para os estudantes e foi pedido para que eles repensassem seus procedimentos. Entretanto, o número de propostas desse tipo foi muito pequeno.

É interessante notar que não era fornecida a resposta para os estudantes, principalmente sobre o procedimento experimental, e poucos alunos diziam que o papel do professor era o de “*dar a resposta*” para eles. Isto demonstra o quanto a abordagem tradicional de ensino é enraizada na concepção dos estudantes, em que o professor consiste no detentor do conhecimento e que deve disseminá-lo entre os estudantes.

Também foi interessante observar que os estudantes ficaram muito curiosos em relação a suas propostas de procedimentos experimentais. Não foi dada nenhuma resposta a eles, sendo-lhes solicitado para que as propusessem e, após a realização do experimento, que explicassem os resultados obtidos. Os alunos também não estavam acostumados a se expor, a propor a realização de uma experiência, que, segundo eles, "*poderia dar errado*". Dessa forma, inicialmente, os estudantes ficavam inseguros em relação a suas propostas, mas com o tempo se acostumaram e ganharam confiança para a elaboração de suas hipóteses. Assim, os estudantes inicialmente apresentaram dificuldade em propor procedimentos experimentais para resolver os problemas, entretanto, com o passar do tempo e, principalmente, durante a realização do minicurso, houve uma melhora sensível nessa habilidade dos estudantes.

O trabalho só foi possível, por poder contar com a parceria das escolas, que compreenderam a importância de que a pesquisa no ensino de Química fosse realizada no ambiente de sala de aula. Também é importante citar a participação dos professores das escolas, fundamentais na realização do trabalho, os quais demonstraram um grande empenho e dedicação e, sobretudo, um compromisso enorme com a aprendizagem dos estudantes.

Assim, para que ocorram melhorias de aprendizagem dos estudantes nas escolas públicas, é importante que exista uma aproximação entre escolas públicas e a Universidade, pois dessa forma, os professores podem ter conhecimento de abordagens inovadoras no ensino de Química. Por fim, a formação inicial e continuada dos professores é uma etapa fundamental para que a aprendizagem dos estudantes de Química e das Ciências em geral, seja aprimorada, uma vez que os estudantes brasileiros apresentam muitas dificuldades de compreensão e aplicação de conhecimentos científicos, como se pode observar nos resultados das avaliações do ENEM (BRASIL, 2009) e PISA (OECD, 2010).

REFERÊNCIAS

ANDERSON, T. et al. Mental models of motion. In: ROGERS, Y.; RUTHERFORD, A.; BIBBY, P. A. (Ed.). **Models in the mind**: theory, perspective and application. San Diego, California: Academic Press Limited, 1992. p. 20-32.

ANDRÉ, M. E. D. A. de **Etnografia da prática escolar**. Campinas: Papirus, 1995. 130 p. (Série Prática Pedagógica)

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 623 p.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo, SP: Thomson, 2004. p. 19-33.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.

BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Trad. Lucie Didio. Brasília: Líber Livro Editora, 2004. 159 p.

BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Student's visualization of a chemical reaction. **Education in Chemistry**, Cambridge, v. 17, p. 117-120, 1987.

BIANCHINI, T. B.; ZULIANI, S. R. Q. A. A investigação orientada como instrumento para o ensino de eletroquímica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2009. p. 1-12.

BRASIL. INEP. **Exame Nacional do Ensino Médio**: Documento básico 2000. Brasília, 12 p., 2000. Disponível em: <www.fisica.ufmg.br/~menfis/programa/Docbasico2000.doc>. Acesso em: 31 ago. 2012.

BRASIL. INEP. **Relatório pedagógico ENEM 2008**. Brasília, 2009, 304 p. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/relatorios_pedagogicos/relatorio_pedagogico_enem_2008.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2012.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2002, 144 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2012.

- BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.
- BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 85-125, 1999.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.3, p. 291-313, 2002.
- BORGES, O. N. et al. Situações inesperadas no laboratório escolar. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8., 2002, Águas de Lindóia. **Anais ...** Águas de Lindóia: SBF, 2002. p. 1-14.
- BRUNER, J. S. **O processo da educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1973. 128 p.
- DRIVER, R., et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 9, p. 31-40, 1999.
- DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 24, p. 213-225, 2004.
- EICHLER, M. L. **Modelos causais de adolescentes e de adultos para as mudanças de estado e a transformação química da matéria**. 2004. 362 f. Tese (Doutorado em Psicologia) - Programa de Pós-Graduação em Psicologia do Desenvolvimento, Universidade de Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 28, p. 32-36, 2008.
- FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem contextualizada. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E. **Analogias e situações problematizadoras em aulas de Ciências**. São Carlos: Pedro e João Editores, 2010. 310 p.
- GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n.2, p.249-263, 2001.
- GALIAZZI, M. C; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. **Química Nova**, São Paulo, v.27, n.2, p. 326-331, 2004.
- GIBIN, G. B. **Investigação sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações**. 2009. 260 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Contribuições de formas de coleta de dados para a investigação de modelos mentais sobre o fenômeno de dissolução de compostos iônicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 15., Belo Horizonte, 2010. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2010. p. 1-14.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Desempenho de estudantes de Ensino Médio em evidências de reações químicas. In: EVENTO DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 10., 2012, Araraquara. **Anais...** Araraquara: UNESP, 2012. p. R15.

GILLESPIE, R. G. Commentary: reforming the general chemistry textbook. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 74, n. 5, p. 484-485, 1997.

GIL-PÉREZ, D; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.2, p.155-163, 1996.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n.2, p. 125-153, 2001.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1 p. 31-53, 2002.

HODSON, D. Experimentos na Ciência e no ensino de Ciências. **Educational Philosophy and Theory**, Tradução de Paulo A. Porto, 20, p.53-66, 1988.

HOFSTEIN, A. P.; LUNETTA, V. The laboratory science education: foundation for the twenty-first century. **Science Education**, v.88, p.28-54, 2003.

HORTON, C. **Student alternative conceptions in chemistry**. Worcester: Arizona State University, 2004. 82 p. Disponível em: modeling.asu.edu/modeling/Chem-AltConceptions3-09.doc. Acesso em: 15 jul. 2012.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge: Harvard University Press, 1983. 513 p.

JOHNSON-LAIRD, P. N. Mental models and deduction. **TRENDS in Cognitive Sciences**, v. 15, n. 10 p. 434-442, 2001.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching. **University Chemistry Education**, Cambridge, v. 70, n. 9 p. 701-705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research: where from here?. **University Chemistry Education**, Cambridge, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

KASSEBOEHMER, A. C. **O método investigativo em aulas teóricas de química: estudo das condições da formação do espírito científico**. 2011. 180 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

KIILL, K. B. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico**. 2009. 278 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

KIND, V. **Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas**. 2. ed. Durham: Durham University, 2004. 84 p. Disponível em: <<http://www.rsc.org/education/teachers/learnnet/pdf/LearnNet/rsc/miscon.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

KRAPAS, S. et al. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3 p. 185-205, 1997.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2007. 260 p.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. de **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99 p. (Temas Básicos de Educação e Ensino).

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, 2., 1997, Burgos. **Actas...** Burgos: Universidad de Burgos, 1997. p.19-44.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos de Aplicação**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 143-156, 1998.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; PALMERO, M. L. R. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. **Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências**, v. 2, n. 3, p. 36-56, 2002.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. 1. ed. Porto Alegre: Edição do Autor, 2006. v. 1. 103 p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, 5., 2006, Burgos. **Actas...** Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasica/visaocritica.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: concepções de estudantes sobre transformações químicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 2, p. 23-26, 1995.

MULFORD, D. R.; ROBINSON, W. R. An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students, **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 79, n. 6, 739-744, 2002.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, 2007.

bo<www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/122/172>. Acesso em: 20 ago. 2012.

NAKHLEH, M. B. Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers?. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 70, n. 1, p. 52-55, 1993a.

NAKHLEH, M.; MITCHELL, R. C. Concept learning versus problem solving. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 70, n. 3, p. 190-192, 1993b.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Ed.). **Mental models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1983. p. 6-14.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999. 216 p.

OBLINGER, D. G. Multimedia in the classroom. **Information Technology and Libraries**, v. 12, n. 2, p. 246-247, 1993.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Pisa 2009 results: what students know and can do: student performance in reading, mathematics and science (v. 1)**, OECD Publishing, 2010. 276 p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264091450-en>>. Acesso em: 31 ago. 2012.

OLIVEIRA, R. C. **Química e cidadania: uma abordagem a partir do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas**. 2009. 138 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

PASELK, R. J. Visualization of the abstract in general chemistry. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 71, n. 3, p. 225-226, 1994.

PEDRANCINI, V. D. et al. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do Ensino Médio sobre transgênicos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 1, p. 135-146, 2008.

RESENDE, D. R.; CASTRO, R. A.; PINHEIRO, P. C. O saber popular nas aulas de Química: relato de experiência envolvendo a produção do vinho de laranja e sua interpretação no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 151-160, 2010.

ROITMAN, I. Ciência para os jovens: falar menos e fazer mais. In: WERTHEIN, J.; CUNHA, C. (Org.). **Ensino de Ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas**. 2. ed. Brasília: UNESCO; Instituto Sangari, 2009. p. 133-142.

ROSA, M. I. F. P.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 8, p. 31-35, 1998.

RUSSEL, J. W. et al. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 74, n. 3, p. 330-334, 1997.

SCHNETZLER, R. P. Construção do conhecimento e ensino de Ciências. **Em aberto**, Brasília, n. 55, p. 17-22, 1992.

SUART, R. C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas**. 2008. 218 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade de Educação e Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TURNER, K. E. A supplemental course to improve performance in introductory chemistry. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 67, n. 11, p. 954-957, 1990.

UNITED STATES OF AMERICA. National Committee on Science Education Standards and Assessment. National Research Council. **Inquiry and the National Science Standards: a guide for teaching and learning**. New York: National Academy Press, 2000. 232 p.

VELÁZQUEZ-MARCANO, A. et al. The use of video demonstrations and particulate animation in general chemistry. **Journal of Science Education Technology**, v. 13, n. 3, p. 315-323, 2004.

WASELFISZ, J. J. **O ensino de Ciências no Brasil e o PISA**. São Paulo: Sangari Brasil, 2009. 126 p. Disponível em: <<http://www.sangari.com/visualizar/institucional/pdfs/pisa2009.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2012.

WOLCOTT, H.F. Criteria for an ethnographic approach to research in education. **Human Organization**, Oklahoma City, v. 34, p. 111-128, 1975.

WOLCOTT, H. F. Ethnographic research in education. In: JAEGER, R. M. **Complementary methods for research in education**. 2. ed. Washington, DC: Aera, 1988. p. 187-211.

WU, H. K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7 p. 821-842, 2001.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

ZULIANI, S. R. Q. A. **Prática de ensino de Química e metodologia investigativa:** uma leitura fenomenológica a partir da semiótica social. 2006. 288 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Experimentos tradicionais geradores de investigações a serem realizadas no período letivo

Investigação 1: Conservação e proporção em massa.

Conceitos envolvidos: energia, evidências, interações, lei de Lavoisier, lei de Proust, massa, rearranjo, substância.

Materiais e reagentes

- Balança
- 1 Erlenmeyer de 250 mL
- 1 Bexiga nº 09
- Fita adesiva
- 2 g de Bicarbonato de sódio
- 20 mL de Ácido acético (vinagre)
- 1 Espátula pequena ou colher pequena (de chá)
- 1 Béquer de 100 mL

Procedimento experimental

1. Pese 2g de bicarbonato de sódio.
2. Coloque 20 mL de vinagre dentro do erlenmeyer.
3. Coloque o bicarbonato de sódio cuidadosamente dentro da bexiga, com auxílio da espátula.
4. Prenda a bexiga firmemente na boca do erlenmeyer com o auxílio da fita adesiva, sem derrubar o bicarbonato de sódio dentro do erlenmeyer.
5. Pese o sistema e anote o valor no caderno.
6. Vire o bicarbonato de sódio contido na bexiga para dentro do erlenmeyer, misturando com o vinagre.
7. Agite o sistema.
8. Pese o sistema novamente e anote em seu caderno.

Investigação 2: Previsão das quantidades de reagentes e produtos

Conceitos envolvidos: energia, estequiometria, evidências, interações, lei de Lavoisier, lei de Proust, massa, rearranjo, substância.

Materiais e reagentes

- Balança
- 1 vidro de relógio grande
- 2 Erlenmeyer de 500 mL
- Palha de aço
- Fósforo

Procedimento experimental

1. Pese um vidro de relógio grande contendo dois pedaços de palha de aço.
2. Coloque os pedaços de palha de aço em cima do vidro de relógio de modo que ocupem o maior espaço possível.
3. Pese o sistema e anote em seu caderno.
4. Com o auxílio do fósforo, queime completamente os pedaços da palha de aço.
5. Após a queima, pese novamente o sistema.
6. Agora pese novamente apenas o vidro de relógio e anote em seu caderno.

Investigação 3: Combustão completa e incompleta e balanceamento

Conceitos envolvidos: energia, estequiometria, evidências, lei de Lavoisier, lei de Proust, rearranjo, substância.

Materiais e reagentes

- 2 Almofarizes ou 2 vidros de relógio grandes
- 2 Lamparinas
- 30 mL de álcool combustível
- 30 mL de querosene
- 2 provetas de 100 mL
- Papel toalha
- Palitos de fósforo

Procedimento experimental

1. Coloque 30 mL de álcool em uma proveta e despeje em uma lamparina.
2. Enxugue bem com papel toalha qualquer quantidade de álcool que possa ter caído para fora da lamparina ou sobre a bancada.
3. Acenda cuidadosamente a lamparina com um palito de fósforo e coloque um almofariz branco (ou um vidro de relógio grande) sobre a chama e observe.
4. Apague a lamparina, abafando o fogo com o almofariz e anote suas observações em seu caderno.
5. Repita o procedimento utilizando o querosene como combustível.

Investigação 4: Previsão das massas de reagentes e produtos

Conceitos envolvidos: energia, estequiometria, evidências, interações, lei de Lavoisier, lei de Proust, massa, rearranjo, substância.

Materiais e reagentes

- Régua
- 5 tubos de ensaio
- Suporte para tubos de ensaio
- Solução de hidróxido de cálcio de concentração $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
- Solução de sulfato de zinco de concentração $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
- Balança

Procedimento experimental

1. Coloque as quantidades de soluções em 5 tubos, com o auxílio de duas provetas, uma para cada solução, conforme indicado no quadro 1.

Quadro 1. Quantidades de soluções adicionadas nos tubos de ensaio.

Tubo	Volume de Ca(OH)_2 (mL)	Volume de ZnSO_4 (mL)
1	10	2
2	8	4
3	6	6
4	4	8
5	2	10

2. Após colocar os volumes em cada tubo de ensaio, pese o sistema contendo o tubo de ensaio e o suporte, anotando o valor na coluna do quadro 1.
3. Deixe os tubos em repouso por pelo menos 5 minutos.
4. Após a decantação do precipitado, com uma régua meça a altura do precipitado nos cinco tubos de ensaio e anote no caderno.

Investigação 5: Reagente limitante e excesso (continuação da atividade 4)
Conceitos envolvidos: energia, estequiometria, evidências, interações, rearranjo, substância.

Materiais e reagentes

- Conta-gotas
- Balança
- 10 tubos de ensaio
- Suporte para tubos de ensaio
- Solução de hidróxido de cálcio a $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
- Solução de sulfato de zinco a $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

Procedimento experimental

1. Retire a solução acima do precipitado de cada tubo de ensaio.
2. Coloque as soluções retiradas em outros cinco tubos de ensaio.
3. Para cada solução retirada de um tubo de ensaio, divida o volume igualmente em dois tubos de ensaio. Realize o procedimento para todos os tubos e os enumere de 1 a 10.
4. Nos tubos de ensaio enumerados de 1 a 5, adicione 5 gotas de Ca(OH)_2 e observe o que ocorre.
5. Nos tubos de ensaio enumerados de 6 a 10, adicione 5 gotas de ZnSO_4 e observe o que ocorre.

Investigação 6: Combustíveis e combustão no dia-a-dia.

Conceitos envolvidos: energia, estequiometria, evidências, lei de Lavoisier, lei de Proust, rearranjo, substância.

Materiais

- Balança
- 1 Proveta (10 mL)
- 1 Tubo de ensaio
- 1 Termômetro
- 1 Clipe para papel
- 2 Pinças de madeira
- Fita adesiva
- 1 Amendoim
- 1 Caixa de fósforos
- Água (solvente)

Procedimento experimental

1. Pese dez amendoins e anote este valor em seu caderno.
2. Divida o valor anotado por dez e anote o valor da massa de um amendoim no caderno.
3. Adicione 10 mL de água de torneira em um tubo de ensaio, com o auxílio de uma proveta.
4. Com o auxílio do termômetro verifique a temperatura da água e anote (temperatura inicial).
5. Dobre um clipe formando um apoio para segurar a amostra e fixe-o na bancada com fita adesiva.
6. Prenda a amostra do alimento no clipe.
7. Fixe o tubo de ensaio contendo água na pinça.
8. Na outra pinça prenda o termômetro que deverá ficar submerso na água dentro do tubo de ensaio, conforme figura 1.
9. Com um palito de fósforo aceso, queime o alimento e aproxime o tubo de ensaio rapidamente da chama produzida.
10. Quando o amendoim estiver totalmente queimado, verifique a temperatura da água (temperatura final) e anote em seu caderno.

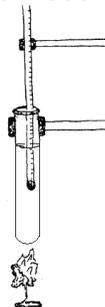


Figura 1. Sistema montado para a queima do alimento.

Apêndice 2 - Questionário inicial

Nome do aluno: _____
 Nome da escola: _____ Série _____

<p>01. Os desenhos ao lado representam:</p> <p>a) água apenas no estado sólido. b) água apenas no estado líquido. c) mudança de estado físico. d) substâncias diferentes. e) etapas da produção de gelo.</p>	<p>07. Com a cédula ao lado, é possível comprar:</p> <p>a) só 20 litros de gasolina. b) no máximo 20 dólares. c) um microcomputador. d) uma cesta básica. e) nenhum produto.</p>
<p>02. Em relação à figura ao lado, é correto afirmar que:</p> <p>a) a presença do ferro altera as propriedades da água. b) a água faz com que o prego sofra apenas redução no tamanho. c) o prego é preservado quando colocado em água. d) a água utilizada tem alguma propriedade especial. e) o prego (ferro) sofre modificações quando colocado em água.</p>	<p>08. Sobre a figura ao lado é possível afirmar sobre o efeito da temperatura na movimentação das partículas de água que:</p> <p>a) há influência direta. b) não há influência direta. c) raramente há influência. d) influencia poucas partículas. e) influencia somente a 100 °C.</p>
<p>03. Aponte a alternativa que melhor explica como é produzida eletricidade em uma usina hidrelétrica.</p> <p>a) A produção envolve diferentes estados físicos da água. b) A água resfria as baterias que fornecem a energia elétrica. c) A água é evaporada e do vapor é retirada a energia elétrica. d) A água faz girar as turbinas que produzem energia elétrica. e) A água resfria as turbinas que geram energia elétrica.</p>	<p>09. Sobre a figura ao lado, a alternativa que melhor a descreve é:</p> <p>a) medição da radioatividade. b) perito analisando a cena do crime. c) análise do grau de toxicidade ambiental. d) médico pesquisando uma doença. e) trabalho de um fotógrafo de arte.</p>
<p>04. A figura ao lado pode ser representativa de:</p> <p>a) processo de engarrafamento de uvas. b) etapa necessária ao plantio de uvas. c) transformação que produz uma bebida. d) dois produtos industrializados. e) etapa de aquecimento na produção de vinho.</p>	<p>10. Sobre as linhas que unem as esferas da figura, pode-se afirmar que:</p> <p>a) a primeira é menor. b) são de mesmo tamanho. c) são perpendiculares. d) a segunda é menor. e) são partes de um triângulo.</p>
<p>05. Em relação à tecnologia utilizada na produção de organismos transgênicos, é correto afirmar que:</p> <p>a) os genes são alterados para que seus descendentes sofram mutação. b) um ser transgênico é obtido em laboratórios a partir de materiais sintéticos. c) somente pode ser aplicada no cruzamento entre duas espécies diferentes. d) tem como objetivo preservar as características de um ser vivo eternamente. e) a tecnologia somente pode ser aplicada em seres utilizados como alimento.</p>	<p>11. A morte dos peixes, mostrada ao lado, pode ter sido causada por:</p> <p>a) resíduos hospitalares. b) chorume liberado nos lixões. c) ação de predadores dos peixes. d) excesso de calor e chuvas fortes. e) presença de substâncias tóxicas.</p>
<p>06. O desenho a seguir representa:</p> <p>a) o ciclo de vida de um sapo, desde o nascimento até a sua morte. b) diferentes animais, tais como uma larva, um girino, um peixe e um sapo. c) diferentes animais interagindo entre si em um mesmo ecossistema. d) o desenvolvimento do sapo, desde o estágio de girino até a idade adulta. e) uma cadeia alimentar envolvendo seres que habitam um ambiente aquático.</p>	<p>12. Sobre a figura ao lado é possível afirmar que aconteceu:</p> <p>a) um terremoto. b) um incêndio. c) uma praga. d) conflito armado. e) um desmoronamento.</p>

Apêndice 3 – Atividades experimentais preparatórias para as atividades experimentais investigativas

Atividade preparatória 1 (sistema aberto, sistema fechado, uso de provetas e de balanças)

Nome: _____ Série: _____ Escola: _____

Roteiro experimental

Reações químicas em sistema aberto e sistema fechado

1ª parte – Sistema aberto

1. Coloque 20 mL de água oxigenada (H_2O_2) 10 v em uma proveta de 25 mL.
2. Adicione a água oxigenada a um erlenmeyer de 125 mL.
3. Coloque uma espátula pequena (ou colher de chá rasa) de dióxido de manganês IV (MnO_2) no erlenmeyer.
4. Pese o sistema e anote o valor da massa. _____
5. Aguarde o sistema se estabilizar, pese novamente o sistema e anote o valor. _____

2ª parte – Sistema fechado

1. Coloque 20 mL de água oxigenada (H_2O_2) 10 v em uma proveta de 25 mL.
2. Adicione a água oxigenada a um erlenmeyer de 125 mL.
3. Coloque uma espátula pequena (ou colher de chá rasa) de dióxido de manganês IV (MnO_2) no erlenmeyer.
4. Prenda na boca do erlenmeyer rapidamente uma bexiga, com auxílio da borracha dando 3 voltas.
4. Pese o sistema e anote o valor da massa. _____
5. Aguarde o sistema se estabilizar, pese novamente o sistema e anote o valor. _____

Atividade preparatória 2 (evidências de reações químicas)

Nome: _____ Série: _____ Escola: _____

Roteiro experimental

Experiência 1. Prenda uma fita de magnésio (Mg^0) na pinça e coloque fogo no magnésio com cuidado. O que aconteceu? _____

Experiência 2. Em um tubo de ensaio coloque uma colher de chá rasa de tiocianato de amônio (NH_4SCN) e duas colheres de hidróxido de bário ($Ba(OH)_2$). Agite bem, coloque o termômetro dentro do tubo e observe. O que aconteceu? _____

Experiência 3. Em um tubo de ensaio coloque aproximadamente 1 cm de solução de hidróxido de sódio ($NaOH$) e 1 cm de solução de sulfato de cobre ($CuSO_4$). Que alteração ocorreu? _____

Experiência 4. Coloque 20 mL de vinagre em um béquer e adicione uma colher de chá rasa de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$). O que você observou? _____

Experiência 5. Coloque um pedaço pequeno de palha de aço em um béquer e adicione 20 mL de solução de sulfato de cobre ($CuSO_4$). Que alteração ocorreu? _____

Atividades

1-) Uma substância pode ser definida como:

- a-) () uma mistura que apresenta dois ou mais componentes, que podem ser separados entre si.
- b-) () um sistema heterogêneo, em que é possível observar duas fases, em dois estados físicos diferentes.
- c-) () matéria formada por átomos de um ou mais elementos químicos que apresenta propriedades definidas.
- d-) () uma mistura que apresenta dois ou mais componentes, que não podem ser separados entre si.
- e-) () matéria formada por átomos de um ou mais elementos químicos que não possui propriedades definidas.

2-) Uma transformação química pode ser definida como:

- a-) () a alteração apenas da forma do objeto, como exemplo, um bloco de aço é transformado em uma chapa de aço.
- b-) () uma mudança de estado físico, como exemplo, a evaporação de uma quantidade de água líquida.
- c-) () uma alteração da quantidade de massa apresentada por uma substância qualquer durante um fenômeno.
- d-) () uma separação de misturas de um sistema que apresenta duas fases, uma fase sólida e outra fase líquida.
- e-) () uma transformação de uma ou mais substâncias em outra(s) substância(s) de propriedades diferentes.

3-) Como sabemos que ocorreu uma transformação química?

- a-) () Quando observamos apenas a ocorrência do aumento da massa de uma substância.
- b-) () Quando observamos alterações de cor no sistema, produção de gás, luz ou precipitado.
- c-) () Quando uma substância preserva as suas propriedades ao longo do tempo.
- d-) () Quando uma substância tem apenas a sua forma alterada, por exemplo, um comprimido sendo triturado.
- e-) () Quando ocorre uma mudança de estado físico, como exemplo, o derretimento do gelo.

4-) Assinale a(s) alternativa(s) que apresenta(m) a(s) experiência(s) em que ocorreram alterações de massa do sistema todo. Justifique. **(É possível assinalar mais de uma alternativa)**

- a-) () Experiência 1. _____
- b-) () Experiência 2. _____
- c-) () Experiência 3. _____
- d-) () Experiência 4. _____
- e-) () Experiência 5. _____

5-) Assinale a(s) alternativa(s) que apresenta(m) a(s) experiência(s) em que é possível observar indícios de que houve grande produção de energia. Justifique, apontando o a evidência observada. **(É possível assinalar mais de uma alternativa)**

- a-) () Experiência 1. _____
- b-) () Experiência 2. _____
- c-) () Experiência 3. _____
- d-) () Experiência 4. _____
- e-) () Experiência 5. _____

6-) Assinale a(s) alternativa(s) que apresenta(m) a(s) experiência(s) em que houve absorção de grande quantidade de energia. Justifique. **(É possível assinalar mais de uma alternativa)**

- a-) () Experiência 1. _____
- b-) () Experiência 2. _____
- c-) () Experiência 3. _____
- d-) () Experiência 4. _____
- e-) () Experiência 5. _____

Apêndice 4 – Atividades experimentais investigativas aplicadas no período letivo

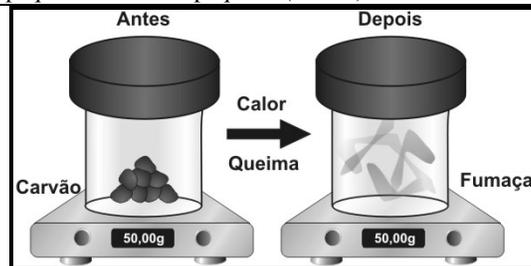
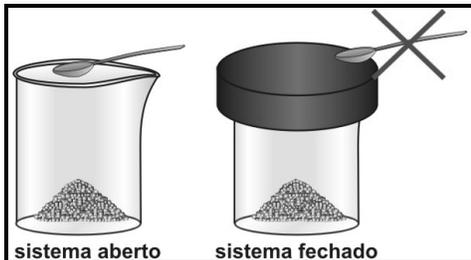
Investigação 1: Como podemos observar a Lei da conservação da massa?

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis

- 1 Balança
- 1 Erlenmeyer de 250 mL
- 1 Bexiga nº 09

- Elástico (de amarrar dinheiro)
- 2 g de Bicarbonato de sódio
- 20 mL de Ácido acético (vinagre)
- 1 Espátula pequena ou colher pequena (de chá)



Considerando o que foi discutido e as figuras acima, responda como é possível observar a Lei da conservação da massa? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO	
A) () 	B) () 	A) () 	B) ()
C) () 	D) () 	C) () 	D) ()

Legenda	 bicarbonato de sódio	 vinagre	 acetato de sódio	 Gás carbônico	 Água
----------------	--------------------------	-------------	----------------------	-------------------	----------

- 1) Qual foi a evidência observada de que houve uma reação química? () mudança de temperatura () mudança de coloração () produção de gás () outra: _____
- 2) O que ocorre com a energia do sistema durante o experimento? () aumenta () diminui () permanece constante () não sei
- 3) Sobre a massa do sistema, o que ocorre durante o experimento? () aumenta () diminui () permanece constante () não sei
- 4) Quais substâncias estavam presentes **antes** do experimento? () vinagre e bicarbonato de sódio () água e gás carbônico () vinagre e gás carbônico () não sei
- 5) Quais substâncias estavam presentes **depois** do experimento? () vinagre e bicarbonato de sódio () bicarbonato de sódio e gás carbônico () água, gás carbônico e acetato de sódio () não sei
- 6) Se você utilizasse o **dobro** da quantidade de vinagre e de bicarbonato de sódio, o que iria acontecer com a massa dos produtos formados? () dobrar () triplicar () cair pela metade () se manteria () não sei
- 7) Com 84g de bicarbonato de sódio reagindo com vinagre são produzidos 44g de gás carbônico. Qual a massa de bicarbonato de sódio necessária para produzir 88g de gás carbônico? () 120g () 144g () 168g () 182g () não sei

Investigação 2: Previsão das quantidades de reagentes e produtos.

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

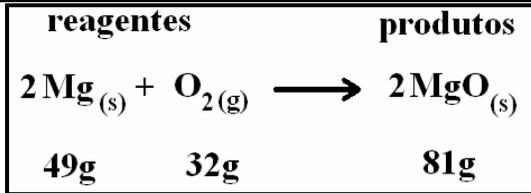
Materiais e reagentes disponíveis

- 1 Balança
- 1 vidro de relógio grande

- 2 pedaços de palha de aço
- Palitos de fósforo



Queima do Magnésio



Considere o que foi discutido e as figuras acima. Sabemos que na produção de 3,2g de óxido de ferro (produto) são consumidos 2,2 g de ferro. Se a massa de ferro fosse 4,4g seriam produzidas ____g de produto. (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para testar sua hipótese).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

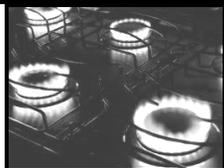
SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO	SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO
<p>A) B)</p> <p>C) D)</p>	<p>A) B)</p> <p>C) D)</p>
Legenda	Ferro Gás oxigênio Óxido de ferro

- 1) Qual foi a evidência observada de que houve uma reação química? Se necessário, aponte mais de uma opção:
 mudança de temperatura mudança de coloração produção de gás
 formação de precipitado liberação de luz outra: _____
- 2) O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento? aumenta diminui permanece constante
 não sei
- 3) Sobre a massa do sistema, o que ocorre durante o experimento? aumenta diminui permanece constante não sei
- 4) Quais substâncias são **reagentes (antes)** no experimento? somente ferro ferro e gás oxigênio óxido de ferro
 não sei
- 5) Quais substâncias são **produtos (depois)** do experimento? ferro e gás oxigênio óxido de ferro somente ferro
 não sei
- 6) Se você utilizasse o **dobro** da quantidade de palha de aço, o que iria acontecer com a massa do produto formado?
 dobrar triplicar cair pela metade se manteria não sei
- 7) Com 22g de palha de aço sendo queimadas são produzidos 32g de um produto. Qual a massa de palha de aço necessária para produzir 16g de produto? 1,1g 11g 22g 33g não sei

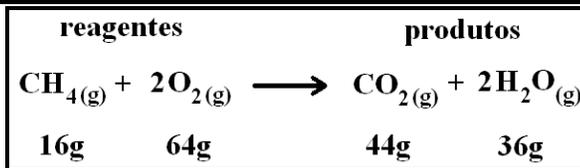
Investigação 3: Como saber se um material tem a combustão completa ou incompleta?

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis	- 30 mL de querosene - 2 Vidros de relógio - 2 Lamparinas - 30 mL de álcool combustível	- 30 mL de querosene - 2 provetas de 100 mL - Papel toalha - Palitos de fósforo
--	--	--



Combustão completa e incompleta



Proporção

Considerando o que foi discutido e as figuras acima, responda como podemos saber se na queima do álcool e do querosene ocorrem combustões completas ou incompletas? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO (ÁLCOOL)		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO (ÁLCOOL)				
SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO (QUEROSENE)		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO (QUEROSENE)				
Legenda	Querosene	Álcool	Gás oxigênio	Gás carbônico	Monóxido de carbono	Água
1) Qual foi a evidência observada de que houve uma reação química? () mudança de temperatura () mudança de coloração () produção de gás () liberação de luz () outra: _____						
2) O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento? () aumenta () diminui () permanece constante () não sei						
3) Considere que os produtos da reação se misturam com o ar. Sobre as massas dos produtos da reação em relação às massas de reagentes, é correto afirmar que () aumentam () diminuem () permanecem constantes () não sei						
4) Quais substâncias foram usadas antes (reagentes) do experimento com álcool? () álcool e gás carbônico () água e gás carbônico () álcool e gás oxigênio () não sei						
5) Quais substâncias foram produzidas depois (produtos) do experimento com álcool? () álcool e gás oxigênio () água e gás carbônico () oxigênio e gás carbônico () não sei						
6) Se você utilizasse o triplo da quantidade de álcool, o que iria acontecer com a massa do produto formado? () dobrar () triplicar () cair pela metade () se manteria () não sei						
7) Com 166g de querosene sendo queimada são produzidos 280g de um produto. Qual a massa de querosene necessária para produzir 28g de produto? () 12,2g () 14,4g () 16,6g () 18,8g () não sei						

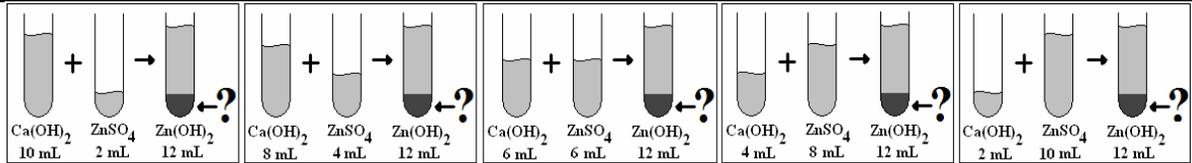
Investigação 4: Previsão das massas de reagentes e produtos

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis

- Solução de hidróxido de cálcio e solução de sulfato de zinco de mesma concentração

- Balança
- 5 tubos de ensaio
- Suporte para tubos de ensaio



Reação de precipitação

Problema

Considerando o que foi discutido e as figuras acima, responda: a mistura de quais tubos de ensaio da figura acima vai produzir a maior quantidade de precipitado? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO	
A)		A)	
B)		B)	
C)		C)	
D)		D)	
Legenda	Hidróxido de cálcio	Sulfato de zinco	Hidróxido de zinco
			Sulfato de cálcio

- Qual foi a evidência observada de que houve uma reação química? Se necessário, aponte mais de uma opção:
 mudança de temperatura mudança de coloração produção de gás
 formação de precipitado outra: _____
- O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento?
 aumenta diminui permanece constante não sei
- Sobre a massa do sistema, o que ocorre durante o experimento? aumenta diminui permanece constante não sei
- Quais substâncias são **reagentes (antes)** no experimento? hidróxido de cálcio e sulfato de cálcio
 hidróxido de cálcio e sulfato de zinco hidróxido de zinco e sulfato de cálcio não sei
- Quais substâncias são **produtos (depois)** do experimento? hidróxido de cálcio e sulfato de cálcio
 hidróxido de cálcio e sulfato de zinco hidróxido de zinco e sulfato de cálcio não sei
- Se você utilizasse quantidades **dez vezes maior** de hidróxido de cálcio e de sulfato de zinco, o que iria acontecer com a massa do produto formado? dobrar triplicar aumentar em dez vezes se manteria não sei
- Com 74g de hidróxido de cálcio reagindo com quantidade suficiente de sulfato de zinco são formadas 136g de um produto. Qual a massa de hidróxido de cálcio necessária para produzir 13,6g de produto? 7,4g 8,5g 9,6g 10,7g não sei

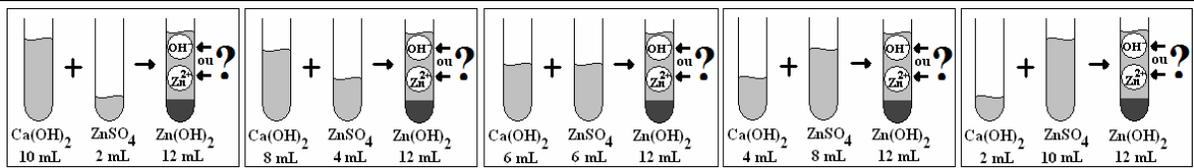
Investigação 5: Reagente limitante e excesso

Nome: _____ Série: _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis

- 2 provetas de 10 mL
- 1 Balança
- 10 tubos de ensaio

- Suporte para tubos de ensaio
- Solução de hidróxido de cálcio e solução de sulfato de zinco de mesma concentração



Reação de precipitação

Reagente limitante e em excesso

Considerando o que foi discutido, as figuras acima e relembando o experimento anterior, responda como é possível saber se ainda existe algum reagente na solução dos tubos de ensaio após a reação química? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO	
A)		A)	
B)		B)	
C)		C)	
D)		D)	
Legenda	Hidróxido de cálcio	Sulfato de zinco	Hidróxido de zinco
			Sulfato de cálcio

- Se em uma reação qualquer, um dos reagentes estiver em excesso, pode ocorrer mudança nas evidências de que houve reação química? () sim, a mudança de temperatura () sim, a mudança de coloração () sim, a produção de gás () sim, a formação de precipitado () não ocorre mudança nas evidências de reação () outra: _____
- Se em uma reação qualquer, um reagente estiver em menor quantidade (limitante) que outra substância, pode ocorrer alguma alteração em relação à temperatura (energia) do sistema durante o experimento? () sim, aumenta () sim, diminui () não, permanece constante () não sei
- Em um experimento em que um dos reagentes está em excesso, o que ocorre com a massa do sistema durante o experimento? () aumenta () diminui () permanece constante () não sei
- Se em uma reação química qualquer, um reagente estiver em excesso, pode haver alguma alteração dos **reagentes (antes)** no experimento? () sim, há alterações () não há alterações () não sei
- Se em uma reação química qualquer, um reagente estiver em excesso, pode haver alguma alteração dos **produtos (depois)** no experimento? () sim, há alterações () não há alterações () não sei
- Se você utilizasse a **metade** da quantidade de hidróxido de cálcio e de sulfato de zinco, o que iria acontecer com a massa do produto formado? () dobrar () triplicar () cair pela metade () se manteria () não sei
- Com 74g de hidróxido de cálcio reagindo com quantidade suficiente de sulfato de zinco são formadas 136g de um produto. Qual a massa desse produto que será gerado quando 148g hidróxido de cálcio forem consumidos? () 136g () 204g () 272g () 340g () não sei

Investigação 6: Combustíveis e quantidade de calorías

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| - 1 Balança | - 1 Clipe para papel |
| - 1 Proveta (10 mL) | - 2 Pinças de madeira |
| - 1 Tubo de ensaio | - Fita adesiva |
| - 1 Termômetro | - 1 Amendoim |
| - 1 Suporte Universal | - 1 Caixa de fósforos |



Combustão

Água	$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$
$c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$	
$m = 10 \text{ g}$	
$\Delta t = 20^\circ\text{C}$	
	$Q = 10 \cdot 1 \cdot 20$
	$Q = 200 \text{ cal}$

Cálculo de calorías

Considerando o que foi discutido e a figura e fórmula acima, responda como podemos determinar a quantidade de calorías de um amendoim? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO		
	A) 26 moléculas de 	B) 13 moléculas de	C) 18 moléculas de	D) 17 moléculas de
C) 26 moléculas de 	D)	A) 35 moléculas de	B) 18 moléculas de 17 moléculas de	D) 18 moléculas de 17 moléculas de
Legend a	= <p>Óleo de amendoim</p>	 Gás Oxigênio	 Gás carbônico	 Água
1) Qual foi a evidência observada de que houve uma reação química? Se necessário, aponte mais de uma alternativa: <input type="checkbox"/> mudança de temperatura <input type="checkbox"/> mudança de coloração <input type="checkbox"/> produção de gás <input type="checkbox"/> liberação de luz <input type="checkbox"/> formação de precipitado <input type="checkbox"/> outra: _____				
2) O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento? <input type="checkbox"/> aumenta <input type="checkbox"/> diminui <input type="checkbox"/> permanece constante <input type="checkbox"/> não sei				
3) Considere que os produtos da reação se misturam com o ar. Sobre as massas dos produtos da reação (esqueça o ar) em relação às massas de reagentes, é correto afirmar que <input type="checkbox"/> aumentam <input type="checkbox"/> diminuem <input type="checkbox"/> permanecem constantes <input type="checkbox"/> não sei				
4) Quais substâncias são reagentes (antes) no experimento? <input type="checkbox"/> somente óleo de amendoim <input type="checkbox"/> óleo de amendoim e água <input type="checkbox"/> óleo de amendoim e gás oxigênio <input type="checkbox"/> não sei				
5) Quais substâncias são produtos (depois) do experimento? <input type="checkbox"/> somente gás carbônico <input type="checkbox"/> gás oxigênio e água <input type="checkbox"/> gás carbônico e água <input type="checkbox"/> não sei				
6) Se você utilizasse uma quantidade massa de amendoim quatro vezes maior, o que iria acontecer com a massa do produto formado? <input type="checkbox"/> dobrar <input type="checkbox"/> triplicar <input type="checkbox"/> quadruplicar <input type="checkbox"/> se manteria <input type="checkbox"/> não sei				
7) Com 28,2g de óleo de amendoim sendo queimados são produzidos 30,2g de um produto. Qual é a massa de óleo de amendoim necessária para produzir 302g de produto? <input type="checkbox"/> 200g <input type="checkbox"/> 244g <input type="checkbox"/> 268g <input type="checkbox"/> 282g <input type="checkbox"/> não sei				

Apêndice 5 – Guias de entrevistas com alunos e professores

Guia de entrevista com os alunos

- 1)** Explique qual foi o seu raciocínio para elaborar a proposta de experimento.
- 2)** Sobre a questão com os desenhos, o que você entendeu que era para fazer?
- 3)** Qual(is) foi(foram) a(s) transformação(ões) observadas no sistema? Explique.
- 4)** Em relação à temperatura (energia) do sistema, você acha que houve alguma alteração? Explique
- 5)** Em relação à massa do sistema, você acha que houve alguma alteração? Explique
- 6)** Quais substâncias estavam presentes antes do experimento? E depois do experimento, quais substâncias estarão no sistema?
- 7)** Se você tivesse colocado o dobro (ou outra proporção) da quantidade de reagentes, o que iria acontecer com a quantidade de produtos formados?

Guia de entrevista com os professores

- 1) Em sua opinião, qual é a principal contribuição das aulas experimentais para a aprendizagem de Química?
- 2) Qual a sua opinião (em relação ao tempo gasto e o comportamento, participação e aprendizagem dos alunos) sobre a inclusão das atividades experimentais em aulas de Química?
- 3) Como você avalia a abordagem usada em que os alunos propõem a realização do procedimento experimental?
- 4) Como você analisa a aprendizagem dos alunos que participaram do projeto em comparação a turmas de anos anteriores? Houve diferença?
- 5) O uso de atividades experimentais durante as aulas alterou de alguma forma a sua prática pedagógica? Como?
- 6) Dentre as opções a seguir, quais foram as principais características dos estudantes que você observou alguma mudança durante o desenvolvimento do projeto?
 - Habilidade de pensar em hipóteses para resolver os problemas;
 - Planejamento de experimentos;
 - Realização de experimentos;
 - Autonomia para realizar atividades no laboratório;
 - Coleta de dados durante o experimento;
 - Interpretação dos dados;
 - Uso de conhecimentos matemáticos;
 - Uso de conhecimentos teóricos;
 - Aplicação de conhecimentos em situações novas;
 - Desenvolvimento de pensamento crítico;
 - Trabalho em grupo;
 - Aprendizagem conceitual de Química.
- 7) Você pretende fazer uso de atividades experimentais em futuras aulas de Química?
- 8) Quais foram os aspectos positivos do projeto?
- 9) Quais foram os aspectos negativos do projeto?
- 10) Se fosse executar o projeto novamente, o que você mudaria?
- 11) Você gostaria de fazer algum comentário adicional?

Apêndice 6 – Questionário de avaliação do projeto pelos estudantes

Avaliação do projeto

Nome: _____ Série: _____ Escola: _____

1) Dê uma nota de 0 a 10 sobre a contribuição dos experimentos para a sua aprendizagem de Química.

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 () 10

Explique o motivo da nota dada: _____

2) Você gostou de ter participado das atividades experimentais?

() Sim () Não

Se sim, por quê? Pode assinalar quantas alternativas desejar.

() comecei a gostar mais de Química; () gostei de propor o experimento para resolver o problema;

() aprendi melhor a matéria; () comecei a participar mais das aulas;

() tornou a aula mais atrativa; () a aula passava mais rápido;

() gostei de ir ao laboratório; () outro motivo: _____

Se não, por quê? Pode assinalar quantas alternativas desejar.

() não gosto de atividades diferentes em sala; () não gosto de participar da aula;

() perdia várias aulas para o desenvolvimento da atividade; () não gosto de ir ao laboratório;

() não compreendia bem o que era para ser feito; () não tenho interesse em aprender Química;

() não gostei de propor o experimento para resolver o problema; () outro motivo: _____

3) Aponte a atividade que você achou mais difícil com um **D** e a mais fácil com um **F**:

() 1 – produção de gás a partir do bicarbonato de sódio e vinagre; () 4 – produção do sólido insolúvel (precipitado);

() 2 – queima do Bombril; () 5 – descoberta do reagente em excesso;

() 3 – queima do álcool e do querosene; () 6 – cálculo das calorias de um amendoim.

4) Aponte a etapa das atividades experimentais você achou mais importante para a sua aprendizagem com um sinal de mais (+) e a etapa que você achou menos importante com um sinal de menos (-):

() elaboração das hipóteses individuais; () realização do experimento;

() elaboração das hipóteses em grupos; () discussão dos resultados.

5) Aponte a característica mais importante que você acha que adquiriu este ano com a realização das atividades experimentais (**é possível assinalar mais de uma opção**):

() confiança para pensar em hipóteses para resolver os problemas; () aprendi muitas coisas sobre a Química;

() autonomia para realizar atividades no laboratório; () não percebi diferença em meu comportamento ou aprendizado.

6) Na ausência das atividades desenvolvidas ao longo do ano, você acha que:

() Não teria aprendido tudo o que aprendi;

() Teria muito mais dificuldade para aprender;

() Aprenderia da mesma maneira, pois as atividades não contribuíram em nada.

7) Você gostaria que as atividades experimentais continuassem a ser realizadas nos próximos anos nas aulas de Química? () Sim () Não Por quê? _____

8) Em sua opinião, quais foram os aspectos **POSITIVOS** do projeto?

9) Em sua opinião, quais foram os aspectos **NEGATIVOS** do projeto?

10) Utilize o espaço a seguir caso queira fazer algum comentário adicional, inclusive o verso da folha.

Apêndice 7 – Experimentos tradicionais geradores e atividades experimentais investigativas aplicadas durante o minicurso

Investigação 1: Combustão e o papel do oxigênio na queima.

Materiais e reagentes

- 1 Vela
- Fósforos
- 1 Vidro de relógio
- 1 Copo
- Ácido acético (vinagre)
- Palha de aço (um pedaço pequeno)

Procedimento experimental

1. Acenda uma vela e fixe-a no vidro de relógio com a parafina líquida.
2. Umedeça um pedaço pequeno de palha de aço com o vinagre.
3. Coloque o pedaço de palha de aço no vidro de relógio em volta de vela.
4. Coloque o copo em cima da vela e do vidro de relógio, fechando o sistema.
5. Observe o sistema por um tempo e anote suas observações em um caderno.

Investigação 2: Comportamento do gás oxigênio nos tipos de combustão.

Materiais e reagentes

- 1 Vela
- 1 Vidro de relógio
- 1 Suporte para a vela
- 1 Tubo de vidro
- 30 mL de água oxigenada 10 vol
- Dióxido de manganês (uma pitada)
- Bexigas
- Fósforos
- 1 Erlenmeyer

Procedimento experimental

Parte 1 – Produção de gás oxigênio

1. Coloque 30 mL de água oxigenada no erlenmeyer.
2. Adicione uma pitada de dióxido de manganês no sistema.
3. Tampe a boca do erlenmeyer rapidamente com a bexiga.
4. Colete o gás produzido e feche a bexiga.

Parte 2 – Comportamento da chama

1. Coloque a vela presa no suporte.
2. Acenda a vela com o auxílio dos fósforos.
3. Adicione o gás preso na bexiga na chama.
4. Observe a chama e anote suas observações no caderno.

Investigação 3: Corrosão de um metal.

Materiais e reagentes

- 0,5g de magnésio em raspas
- 20 mL de vinagre (ácido acético)
- 1 Erlenmeyer e 250 mL
- Bastão de vidro ou colher pequena de café

Procedimento experimental

1. Coloque 20 mL de vinagre no erlenmeyer.
2. Adicione o magnésio em raspas e agite o sistema.
3. Observe atentamente o sistema e anote quaisquer observações no seu caderno.

Investigação 4: Formação de precipitado.

Materiais e reagentes

- Béquero de 100 mL
- Proveta de 50 mL
- Bico de Bunsen
- Suporte para arames
- Arame
- Solução de sulfato de cobre e de carbonato de sódio de mesma concentração ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$)

Procedimento experimental

1. Adicione no béquer 50 mL de solução de sulfato de cobre com o auxílio da proveta.
2. Adicione no béquer 50 mL de solução de carbonato de cálcio também com o auxílio de uma proveta.
3. Acenda o bico de Bunsen.
4. Coloque o arame no suporte para arames.
5. Molhe a ponta do arame na solução sobrenadante e depois aqueça no bico de Bunsen.
6. Observe atentamente à coloração da chama e anote em seu caderno.
7. Retire o líquido do béquer e deixe o sólido secar.
8. Com outro arame, colete uma pitada do precipitado e aqueça no bico de Bunsen.
9. Observe novamente o sistema e anote suas observações no caderno.

Investigação 5: Cálculo de calorias da queima de um alimento.

Materiais

- Balança
- 1 Proveta (10 mL)
- 1 Tubo de ensaio
- 1 Termômetro
- 1 Clipe para papel
- 2 Pinças de madeira
- Fita adesiva
- 1 grão de castanha do Pará
- 1 Caixa de fósforos
- Água (solvente)

Procedimento experimental

1. Pese uma castanha e anote este valor em seu caderno.
2. Anote o valor da massa de uma castanha no caderno.
3. Adicione 10 mL de água de torneira em um tubo de ensaio, com o auxílio de uma proveta.
4. Com o auxílio do termômetro verifique a temperatura da água e anote (temperatura inicial).
5. Dobre um clipe formando um apoio para segurar a amostra e fixe-o na bancada com fita adesiva.
6. Prenda a amostra do alimento no clipe.
7. Fixe o tubo de ensaio contendo água na pinça.
8. Na outra pinça prenda o termômetro que deverá ficar submerso na água dentro do tubo de ensaio, conforme figura 1.
9. Com um palito de fósforo aceso, queime o alimento e aproxime o tubo de ensaio rapidamente da chama produzida.
10. Quando a castanha estiver totalmente queimada, verifique a temperatura da água (temperatura final) e anote em seu caderno.

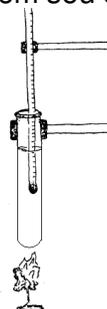


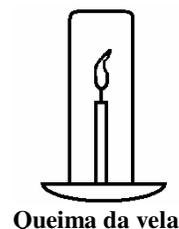
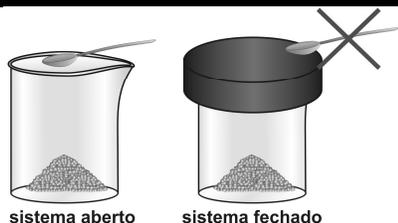
Figura 1. Sistema montado para a queima do alimento.

Investigação 1: A chama de uma vela consome todo o gás oxigênio presente no ar se o sistema for fechado?

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis

- 1 Vela;
- Fósforos;
- 1 Vidro de relógio;
- 1 copo;
- Vinagre (ácido acético);
- Bombril (um pedaço).



Considerando o que foi discutido e as figuras acima, responda como podemos saber se após a queima da vela em um sistema fechado ainda existe gás oxigênio no sistema? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO		
	A)	38 moléculas de	25 moléculas de	B)
	B)	A)	26 moléculas de	
	C) 24 moléculas de	25 moléculas de	15 moléculas de	
	D) 23 moléculas de	C) 26 moléculas de	D) 35 moléculas de	
Legenda	 Parafina (vela)	 Gás oxigênio	 Gás carbônico	 Água
1) Que evidência foi observada caso tenha ocorrido uma reação química? Se necessário, aponte mais de uma opção: <input type="checkbox"/> mudança de temperatura <input type="checkbox"/> mudança de coloração <input type="checkbox"/> produção de gás <input type="checkbox"/> liberação de luz <input type="checkbox"/> outra: _____				
2) O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento? <input type="checkbox"/> aumenta <input type="checkbox"/> diminui <input type="checkbox"/> permanece constante <input type="checkbox"/> não sei				
3) Considere que os produtos da reação se misturam com o ar. Sobre as massas dos produtos da reação em relação às massas de reagentes, é correto afirmar que <input type="checkbox"/> aumentam <input type="checkbox"/> diminuem <input type="checkbox"/> permanecem constantes <input type="checkbox"/> não sei				
4) Quais substâncias foram usadas antes (reagentes) do experimento? <input type="checkbox"/> parafina e gás carbônico <input type="checkbox"/> somente parafina <input type="checkbox"/> parafina e gás oxigênio <input type="checkbox"/> não sei				
5) Quais substâncias foram produzidas depois (produtos) do experimento? <input type="checkbox"/> parafina e gás oxigênio <input type="checkbox"/> água e gás carbônico <input type="checkbox"/> oxigênio e gás carbônico <input type="checkbox"/> não sei				
6) Se você utilizasse o triplo da quantidade de parafina, o que iria acontecer com a massa do produto formado? <input type="checkbox"/> dobrar <input type="checkbox"/> triplicar <input type="checkbox"/> cair pela metade <input type="checkbox"/> se manteria <input type="checkbox"/> não sei				
7) Com 352g de parafina sendo queimada são produzidos 1100g de um produto. Qual a massa de parafina necessária para produzir 110g de produto? <input type="checkbox"/> 11,0g <input type="checkbox"/> 14,4g <input type="checkbox"/> 26,6g <input type="checkbox"/> 35,2g <input type="checkbox"/> não sei				

Investigação 2: Como podemos eliminar a produção de fuligem da chama de uma vela?

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis

- 1 Vidro de relógio
- 1 Vela
- 1 Suporte para a vela
- Fósforos

- 1 Tubo de vidro
- 30 mL de água oxigenada
- 1 Pitada de dióxido de manganês (sólido preto)
- Bexigas (ou seringas)
- 1 Erlenmeyer



Combustão completa e incompleta

Considerando o que foi discutido e as figuras acima, responda como podemos eliminar a fuligem da chama da vela (ou aumentar a sua chama)? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO	
A) 24 moléculas de	B) 38 moléculas de	A) 15 moléculas de	B) 25 moléculas de
		C) 35 moléculas de	D) 26 moléculas de
C)	D) 23 moléculas de	C) 25 moléculas de	D) 38 moléculas de
D)		C) 26 moléculas de	D)
Legenda	=	 Gás oxigênio	 Gás carbônico
1) Caso tenha havido uma reação química, que evidência(s) foi(ou foram) observada(s)? Se necessário, aponte mais de uma opção: <input type="checkbox"/> mudança de temperatura <input type="checkbox"/> mudança de coloração <input type="checkbox"/> produção de gás <input type="checkbox"/> liberação de luz <input type="checkbox"/> outra: _____			
2) O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento? <input type="checkbox"/> aumenta <input type="checkbox"/> diminui <input type="checkbox"/> permanece constante <input type="checkbox"/> não sei			
3) Considere que os produtos da reação se misturam com o ar. Sobre as massas dos produtos da reação em relação às massas de reagentes, é correto afirmar que <input type="checkbox"/> aumentam <input type="checkbox"/> diminuem <input type="checkbox"/> permanecem constantes <input type="checkbox"/> não sei			
4) Quais substâncias foram usadas antes (reagentes) do experimento? <input type="checkbox"/> parafina e gás carbônico <input type="checkbox"/> somente parafina <input type="checkbox"/> parafina e gás oxigênio <input type="checkbox"/> não sei			
5) Quais substâncias foram produzidas depois (produtos) do experimento? <input type="checkbox"/> parafina e gás oxigênio <input type="checkbox"/> água e gás carbônico <input type="checkbox"/> oxigênio e gás carbônico <input type="checkbox"/> não sei			
6) Se você utilizasse o triplo da quantidade de parafina, o que iria acontecer com a massa do produto formado? <input type="checkbox"/> dobrar <input type="checkbox"/> triplicar <input type="checkbox"/> cair pela metade <input type="checkbox"/> se manteria <input type="checkbox"/> não sei			
7) Com 352g de parafina sendo queimada são produzidos 1100g de um produto. Qual a massa de parafina necessária para produzir 11,0g de produto? <input type="checkbox"/> 1,11g <input type="checkbox"/> 3,52g <input type="checkbox"/> 6,66g <input type="checkbox"/> 11,0g <input type="checkbox"/> não sei			

Investigação 3: Corrosão de um metal.

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis - 0,5g de magnésio - 20 mL de Ácido acético (vinagre)	- 1 Erlenmeyer de 250 mL - 1 Espátula pequena ou colher pequena (de chá)
--	---



Considerando o que foi discutido e as figuras acima, responda como é possível simular a corrosão de um metal. (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO	

Legenda	 Magnésio	 Vinagre	 Acetato de magnésio	 Gás hidrogênio
----------------	--------------	-------------	-------------------------	--------------------

- Caso tenha havido uma reação química, que evidência(s) foi(ou foram) observada(s)? Se necessário, aponte mais de uma opção:
 mudança de temperatura mudança de coloração produção de gás
 outra: _____
- O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento?
 aumenta diminui permanece constante não sei
- Sobre a massa do sistema (aberto), o que ocorre durante o experimento?
 aumenta diminui permanece constante não sei
- Quais substâncias estavam presentes **antes** do experimento? vinagre e magnésio água e gás carbônico
 vinagre e gás hidrogênio não sei
- Quais substâncias estavam presentes **depois** do experimento? vinagre e magnésio vinagre e gás hidrogênio
 gás hidrogênio e acetato de magnésio não sei
- Se você utilizasse o **dobro** da quantidade de vinagre, o que iria acontecer com a massa dos produtos formados? dobrar triplicar cair pela metade se manteria não sei
- Com 24,3g de magnésio reagindo com vinagre são produzidos 2g de gás hidrogênio. Qual a massa de magnésio necessária para produzir 20g de gás hidrogênio? 122g 144g 182g 243g não sei

Investigação 4: Formação de precipitado.

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

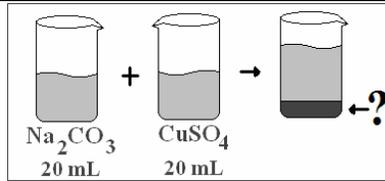
Materiais e reagentes disponíveis

- Solução de carbonato de sódio e solução de sulfato de cobre de mesma concentração
- Béquar de 100 mL

- Proveta de 50 mL
- Bico de Bunsen
- Suporte para arame
- Arame



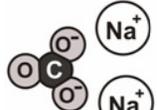
Reação de precipitação



Problema

Considerando o que foi discutido e as figuras acima, responda: como podemos identificar a substância produzida na reação (precipitado)? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

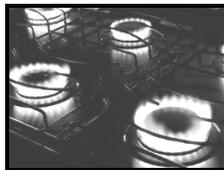
SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO		SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO	
A)	B)	A)	B)
C)	D)	C)	D)
Legenda	 Sulfato de cobre	 Carbonato de sódio	 Carbonato de cobre
		 Sulfato de sódio	
<p>1) Caso tenha havido uma reação química, que evidência(s) foi(ou foram) observada(s)? Se necessário, aponte mais de uma opção: <input type="checkbox"/> mudança de temperatura <input type="checkbox"/> mudança de coloração <input type="checkbox"/> produção de gás <input type="checkbox"/> formação de precipitado <input type="checkbox"/> outra: _____</p>			
<p>2) O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento? <input type="checkbox"/> aumenta <input type="checkbox"/> diminui <input type="checkbox"/> permanece constante <input type="checkbox"/> não sei</p>			
<p>3) Sobre a massa do sistema, o que ocorre durante o experimento? <input type="checkbox"/> aumenta <input type="checkbox"/> diminui <input type="checkbox"/> permanece constante <input type="checkbox"/> não sei</p>			
<p>4) Quais substâncias são reagentes (antes) no experimento? <input type="checkbox"/> carbonato de sódio e sulfato de cobre <input type="checkbox"/> carbonato de cobre e sulfato de sódio <input type="checkbox"/> carbonato de sódio e sulfato de sódio <input type="checkbox"/> não sei</p>			
<p>5) Quais substâncias são produtos (depois) do experimento? <input type="checkbox"/> carbonato de sódio e sulfato de cobre <input type="checkbox"/> carbonato de cobre e sulfato de sódio <input type="checkbox"/> carbonato de sódio e sulfato de sódio <input type="checkbox"/> não sei</p>			
<p>6) Se você utilizasse quantidades dez vezes maior de sulfato de cobre e de carbonato de sódio, o que iria acontecer com a massa do produto formado? <input type="checkbox"/> dobrar <input type="checkbox"/> triplicar <input type="checkbox"/> aumentar em dez vezes <input type="checkbox"/> se manteria <input type="checkbox"/> não sei</p>			
<p>7) Com 106g de carbonato de sódio reagindo com quantidade suficiente de sulfato de cobre são formadas 142g de um produto. Qual a massa de carbonato de sódio necessária para produzir 14,2g de produto? <input type="checkbox"/> 7,4g <input type="checkbox"/> 8,5g <input type="checkbox"/> 9,6g <input type="checkbox"/> 10,6g <input type="checkbox"/> não sei</p>			

Investigação 5: Cálculo da quantidade de calorias de uma castanha.

Nome: _____ Série _____ Escola: _____

Materiais e reagentes disponíveis

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| - 1 Balança | - 1 Clipe para papel |
| - 1 Proveta (50 mL) | - 2 Pinças de madeira |
| - 1 Erlenmeyer | - Fita adesiva |
| - 1 Termômetro | - 1 Castanha |
| - 1 Suporte Universal | - 1 Caixa de fósforos |



Combustão

Água
 $c = 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$
 $m = 10 \text{ g}$
 $\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q = 100 \cdot 1 \cdot 20$$

$$Q = 2000 \text{ cal}$$

Cálculo de calorias

Considerando o que foi discutido e a figura e fórmula acima, responda como podemos determinar a quantidade de calorias de uma castanha? (Descreva detalhadamente o procedimento experimental, utilizando os materiais e reagentes listados acima, que você usaria para resolver este problema).

Após a realização do experimento, como ficaria o sistema? Escolha o desenho que melhor representa o que você imagina sobre o comportamento das substâncias químicas antes e depois do experimento.

SISTEMA ANTES DO EXPERIMENTO	SISTEMA DEPOIS DO EXPERIMENTO
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>A) 26 moléculas de </p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>B) 13 moléculas de </p> <p>13 moléculas de </p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>C) 26 moléculas de </p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>D) </p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>A) 35 moléculas de </p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>B) 18 moléculas de </p> <p>17 moléculas de </p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>C) 18 moléculas de </p> <p>17 moléculas de </p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>D) 18 moléculas de </p> <p>17 moléculas de </p> </div> </div>
<p>Legenda</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> = </div> <p style="text-align: center;">Óleo da castanha</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center;"> Gás Oxigênio</div> <div style="text-align: center;"> Gás carbônico</div> <div style="text-align: center;"> Água</div> </div>
<p>1) Caso tenha havido uma reação química, que evidência(s) foi(ou foram) observada(s)? Se necessário, aponte mais de uma alternativa: <input type="checkbox"/> mudança de temperatura <input type="checkbox"/> mudança de coloração <input type="checkbox"/> produção de gás <input type="checkbox"/> liberação de luz <input type="checkbox"/> formação de precipitado <input type="checkbox"/> outra: _____</p>	
<p>2) O que ocorre com a temperatura (energia) do sistema durante o experimento? <input type="checkbox"/> aumenta <input type="checkbox"/> diminui <input type="checkbox"/> permanece constante <input type="checkbox"/> não sei</p>	
<p>3) Considere que os produtos da reação se misturam com o ar. Sobre as massas dos produtos da reação (esqueça o ar) em relação às massas de reagentes, é correto afirmar que <input type="checkbox"/> aumentam <input type="checkbox"/> diminuem <input type="checkbox"/> permanecem constantes <input type="checkbox"/> não sei</p>	
<p>4) Quais substâncias são reagentes (antes) no experimento? <input type="checkbox"/> somente óleo da castanha <input type="checkbox"/> óleo da castanha e água <input type="checkbox"/> óleo da castanha e gás oxigênio <input type="checkbox"/> não sei</p>	
<p>5) Quais substâncias são produtos (depois) do experimento? <input type="checkbox"/> somente gás carbônico <input type="checkbox"/> gás oxigênio e água <input type="checkbox"/> gás carbônico e água <input type="checkbox"/> não sei</p>	
<p>6) Se você utilizasse uma quantidade massa de castanha quatro vezes maior, o que iria acontecer com a massa do produto formado? <input type="checkbox"/> dobrar <input type="checkbox"/> triplicar <input type="checkbox"/> quadruplicar <input type="checkbox"/> se manteria <input type="checkbox"/> não sei</p>	
<p>7) Com 282 gramas de óleo da castanha sendo queimados são produzidos 302 gramas de um produto. Qual é a massa de óleo da castanha necessária para produzir 3,02 quilogramas de produto? <input type="checkbox"/> 2,00 Kg <input type="checkbox"/> 2,44 Kg <input type="checkbox"/> 2,68 Kg <input type="checkbox"/> 2,82 Kg <input type="checkbox"/> não sei</p>	

Apêndice 8 – Questionário de avaliação do minicurso pelos estudantes

Avaliação do minicurso

Nome: _____ Série: _____ Escola: _____

1) Você gostou de participar do minicurso?

Sim Um pouco Não

Justifique _____

2) Em relação à infraestrutura do minicurso, você considerou:

Desorganizado Pouco organizado Bem organizado

3) Dê uma nota de 0 a 10 sobre a contribuição dos experimentos para a sua aprendizagem de Química.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Explique o motivo da nota dada: _____

4) Aponte a atividade que você achou mais difícil com um **D** e a mais fácil com um **F**:

1 – Determinação da existência de oxigênio em sistema após a queima da vela; 4 – determinação da identidade de uma substância (precipitado);

2 – aumento da chama da vela; 5 – cálculo das calorias de uma castanha.

3 – corrosão de um metal;

5) Aponte a etapa das atividades experimentais que você achou mais importante para a sua aprendizagem com um sinal de mais (+) e a etapa que você achou menos importante com um sinal de menos (-):

elaboração das hipóteses individuais; realização do experimento;

elaboração das hipóteses em grupos; discussão dos resultados.

6) Aponte a característica mais importante que você acha que desenvolver durante a realização do minicurso (é possível assinalar mais de uma opção):

tenho confiança para pensar em hipóteses que resolvem os problemas; consigo usar conhecimentos matemáticos no experimento;

aprendi a planejar experimentos; sei usar conhecimentos teóricos no experimento;

aprendi a realizar experimentos; sei aplicar conhecimentos em situações novas;

adquiri autonomia para realizar atividades no laboratório; agora tenho pensamento crítico;

aprendi a trabalhar em grupo;

consigo coletar dados durante o experimento; aprendi muitas coisas sobre a Química;

consigo interpretar os dados do experimento; não percebi diferença em meu comportamento ou aprendizado.

7) Você achou mais fácil elaborar hipóteses sobre os experimentos durante o minicurso?

8) Faça uma avaliação da atuação do professor durante o minicurso.

9) Em sua opinião, quais foram os aspectos **POSITIVOS** do minicurso?

10) Em sua opinião, quais foram os aspectos **NEGATIVOS** do minicurso?

11) Faça uma avaliação geral da Semana enfocando as principais contribuições para a sua formação.
