



Serviço Público Federal

Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado em Ensino de Ciências



**EQUAÇÃO DE AUTODEPURAÇÃO DA ÁGUA (MODELO DE
STREETER-PHELPS): UMA ABORDAGEM DOS
CONCEITOS DE CINÉTICA QUÍMICA INTEGRADA À
EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Ana Lúcia Custodio Lopes



Serviço Público Federal

Ministério da Educação



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado em Ensino de Ciências

EQUAÇÃO DE AUTODEPURAÇÃO DA ÁGUA (MODELO DE STREETER-PHELPS): UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE CINÉTICA QUÍMICA INTEGRADA À EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Ana Lúcia Custodio Lopes

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito final para a conclusão do curso de Mestrado em Ensino de Ciências sob a orientação do Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

A Deus, fonte inestimável, de fortaleza e sabedoria.

Aos meus pais, Paulo e Palmira Lopes, por todo o apoio depositado aos meus estudos durante toda a minha vida.

Ao meu professor e orientador, Onofre Salgado Siqueira, pelas inúmeras orientações e contribuições a este trabalho.

Aos meus amigos de mestrado, em especial, os alunos da turma de 2008.

A todos os professores do Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pela dedicação, contribuição e troca de experiências.

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma proposta metodológica para o ensino de conteúdos de Cinética Química aliados aos princípios da Educação Ambiental, dirigida às aulas de Química do ensino médio; a sequência didática envolve a equação de autodepuração da água segundo Streeter e Phelps e foi desenvolvida com base na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. A sequência didática envolveu as seguintes etapas: aplicação de um questionário inicial para investigar as concepções prévias dos alunos, aula demonstrativa sobre os efeitos da temperatura e da superfície de contato na rapidez das reações químicas, aulas teóricas sobre as equações cinéticas e ordens de reação, aula na sala de tecnologia que revisou os conteúdos trabalhados relacionando-os com a equação de Streeter-Phelps, determinação de oxigênio dissolvido pelo método de Winkler e sua relação com a autodepuração e, finalmente, a avaliação por meio de provas escritas e relatórios da aula prática. A proposta foi aplicada em uma classe do segundo ano da rede estadual de ensino da cidade de Campo Grande-MS composta por 31 estudantes. A avaliação da sequência didática seguiu a metodologia da pesquisa qualitativa – evidenciaram-se, como aspectos positivos, a motivação dos estudantes no desenvolvimento das atividades e o incremento na capacidade deles se expressarem em relação aos problemas de poluição de recursos hídricos. A avaliação das provas escritas indicou que houve, no mínimo, aprendizagem mecânica dos conceitos de cinética e a dos relatórios mostrou evidências de aprendizagem significativa em pelo menos um dos grupos.

Palavras-chave: cinética química, equação de autodepuração, educação ambiental, aprendizagem significativa.

ABSTRACT

This work presents a methodology for a varied teaching that aims a practice of environmental education in chemistry classes in high school, through the elaboration and development of a didactic sequence involving the equation of self-purification of water. The didactic sequence was developed with the participation of 31 students from a class of second year of the state public schools, in Campo Grande-MS, targeted to the content of chemical kinetics and mediated by the meaningful learning theory of David Ausubel. To this end, we describe herein the initial investigations carried out with the students, the stages of preparation and development of the didactic sequence in the classroom mediated by the use of differentiated teaching strategies. These strategies aimed to foster interaction between the new information to be learned about the topics and the pre-existing cognitive structure of students in order to promote the meaningful learning of concepts of chemical kinetics related to environmental issues triggered according to the sequential steps coming from the first order equation of the natural self-purification process.

Keywords: chemical kinetics, equation of self-purification, environmental education, meaningful learning.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Cinética Química: problemas e desafios no ensino médio	5
1.2 - Contextualizações no ensino de química	7
1.3 - Educação Ambiental e o ensino de química: perspectivas e problemas	8
1.4 - OBJETIVO	12
2 - REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 - A teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel	13
2.2 - Tipos de Aprendizagem Significativa	16
2.3 - Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa	17
2.4 - Os Organizadores Prévios	17
3 - ÁGUA: LEGISLAÇÃO E PARÂMETROS DE QUALIDADE, EQUAÇÃO DE STREETER-PHELPS.....	19
3.1 - Considerações Sobre O Parâmetro <i>Oxigênio Dissolvido</i> Da Água	22
3.2 – Autodepuração	24
4 – METODOLOGIA.....	28
4.1 – Pesquisa qualitativa	28
4.2 - Desenvolvimento da Sequência Didática	29

4.3 – Características do local e da população da pesquisa	31
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 - Análise das respostas do questionário inicial	32
5.2 - Atividades práticas sobre cinética química em sala de aula	45
5.3 - Aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo de cinética química.....	47
5.4 - Aula expositiva e dialogada sobre reação de primeira e segunda ordem e autodepuração	48
5.5 - Aula experimental: determinação do oxigênio dissolvido na água por meio do método de Winkler	48
5.6 - Avaliação	49
5.6.1 - Prova.....	49
5.6.2 – Relatório	58
6 - CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	60
7 - REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICE A - Questionário inicial.....	67
APÊNDICE B - Respostas do questionário inicial.....	70
APÊNDICE C - Roteiro da aula prática inicial.....	78
APÊNDICE D - Procedimento da aula experimental destinada à determinação do teor de oxigênio dissolvido.....	81
APÊNDICE E - Avaliação.....	85

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Informações a respeito das etapas envolvidas na organização e desenvolvimento da sequência didática	30
QUADRO 2	Análise das respostas a questão nº 1 sobre as relações entre a fórmula molecular H ₂ O e a substância água de consumo diário	37
QUADRO 3	Análise das respostas a questão nº 2 sobre a potabilidade da água de consumo diário	38
QUADRO 4	Análise das respostas a questão nº 3 sobre a qualidade da água de consumida em sua residência	40
QUADRO 5	Análise das respostas a questão nº 4 sobre o caminho percorrido pela água destinada ao consumo de cada aluno	42
QUADRO 6	Análise das respostas a questão nº 5 sobre a questão do oxigênio dissolvido em meios aquáticos	44
QUADRO 7	Análise das respostas a questão nº 6 sobre o processo de autodepuração em meios aquáticos	45
QUADRO 8	Respostas esperadas para as questões da avaliação	57

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Focos de interesse da Química.....	3
FIGURA 2: Esquema de ilustração do processo de autodepuração.....	39
FIGURA 3: Mapa Conceitual dos principais conceitos trabalhados nesta dissertação.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

EA: Educação Ambiental.

FUNASA: Fundação Nacional da Saúde.

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

IQA: Índice de Qualidade das Águas.

OD: Oxigênio Dissolvido.

PCNEM: Parâmetros Curriculares do Ensino Médio.

1 - INTRODUÇÃO

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, alterada pela Lei nº 11.274, de 6 de fevereiro de 2006 e pela Lei nº 12.061, de 27 de outubro de 2009, estabelece como obrigação do Estado brasileiro o oferecimento da educação básica, gratuita em escolas públicas; a educação básica é formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio (BRASIL, 1996).

Com relação ao ensino médio, foco deste trabalho, os artigos 35 e 36 da LDB definem:

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Art. 36. O currículo do ensino médio observará o disposto na Seção I deste Capítulo e as seguintes diretrizes:

I - **destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência**, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;...(BRASIL, 1996; grifos meus).

Nesse contexto, o Ministério da Educação, por meio da Secretaria de Educação Básica, publicou as ORIENTAÇÕES CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO; a publicação é composta por três volumes, sendo que no segundo, de subtítulo “Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”, desenvolve-se a parte relativa aos conhecimentos de Química, no capítulo 4 (BRASIL, 2006).

Na introdução do capítulo 4 supra mencionado, lê-se:

[...] apesar de já passados sete anos desde a divulgação dos PCNEM, continua sendo predominantemente disciplinar, com visão linear e fragmentada dos conhecimentos na estrutura das próprias disciplinas, a despeito de inúmeras experiências levadas a cabo no âmbito de projetos pedagógicos influenciados pelos Parâmetros. Isso pode ser confirmado pelas propostas pedagógicas configuradas nos diferentes materiais didáticos mais utilizados nas escolas – apostilas, livros didáticos etc. Os autores desses materiais afirmam, muitas vezes, que contemplam os PCNEM, referindo-se a conteúdos ilustrados e a exemplos de aplicações tecnológicas. Um olhar um pouco mais acurado mostra, no entanto, que isso não vai além de tratamentos periféricos, quase que para satisfazer eventuais curiosidades, sem esforço de tratar da dimensão ou do significado conceitual e, muito menos, de preocupação por uma abordagem referida no contexto real e tratamento interdisciplinar, com implicações que extrapolem os limites ali definidos. Na essência, aparecem os mesmos conteúdos, nas mesmas séries, com pouca significação de conceitos que permitam estimular o pensamento analítico do mundo, do ser humano e das criações humanas. (BRASIL, 2006, p. 101)

Assim, pode-se perceber a crítica ao ensino não-significativo de conteúdos e o destaque dado aos esforços realizados no âmbito dos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCNEM), esforços esses considerados infrutíferos, motivo para a apresentação das “atuais Orientações”. Em consonância com os PCNEM, a contextualização e a interdisciplinaridade são destacadas como fatores propiciadores de uma aprendizagem que se constitua na *“preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores”*, conforme o item II do artigo 35 da LDB (BRASIL, 1996).

Mesmo considerando o caráter eminentemente interdisciplinar apontado pelas “orientações”, o caráter disciplinar não pode ser negligenciado e os autores das “orientações basearam-se na Proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais, como apresentado por Mortimer e colaboradores (2000), para apresentar o campo disciplinar da Química. Textualmente:

Como campo disciplinar, a Química tem sua razão de ser, sua especificidade, seu modo de interrogar a natureza, controlar respostas por meio de instrumentos técnicos e de linguagem peculiares, identificando as pessoas que os dominam como químicos ou educadores químicos. (BRASIL, 2006, pg. 104)

A Química estrutura-se como um conhecimento que se estabelece mediante relações complexas e dinâmicas que envolvem um tripé bastante específico, em seus três eixos constitutivos fundamentais: as transformações químicas, os materiais e suas propriedades e os modelos explicativos (BRASIL, 2002). Assim, assume-se, na condição de compor a base curricular nacional, uma organização do conhecimento químico que se estrutura a partir dos três eixos acima mencionados, que, dinamicamente relacionados entre si, correspondem aos objetos e aos focos de interesse da Química, como ciência e componente curricular, cujas investigações e estudos se centram, precisamente, nas propriedades, na constituição e nas transformações dos materiais e das substâncias, em situações reais diversificadas. (BRASIL, 2006, pg. 110)

A Figura 1, apresentada por Mortimer et al. (2000, p. 276) resume os focos de interesse da Química na visão desses autores.

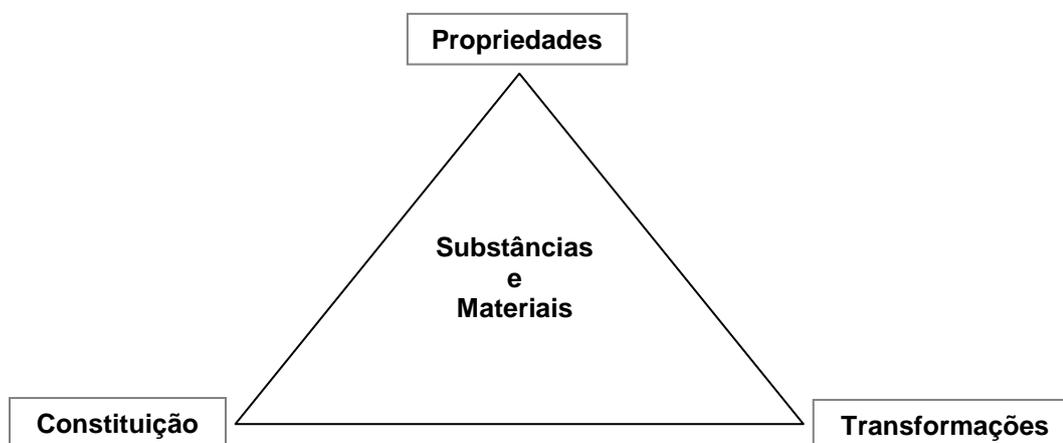


FIGURA 1 – Focos de interesse da Química, segundo Mortimer et al. (2000).

Obviamente, considerações a respeito da realização de experimentos nas aulas de Química também mereceram atenção por parte dos autores das “Orientações”. Essencialmente, afirma-se que os experimentos por si só não asseguram a produção de conhecimentos de nível teórico-conceitual significativos, sendo:

...essencial que as atividades práticas, em vez de se restringirem aos procedimentos experimentais, permitam ricos momentos de estudo e discussão teórico/prática que, transcendendo os conhecimentos de nível fenomenológico e os saberes expressos pelos alunos, ajudem na compreensão teórico-conceitual da situação real, mediante o uso de linguagens e modelos explicativos específicos que, incapazes de serem produzidos de forma direta, dependem de interações fecundas na problematização e na (re)significação conceitual pela mediação do professor.” (BRASIL, 2006, p 123).

Adicionalmente, considerando que um dos objetivos da educação básica é o de propiciar aos alunos a formação necessária para o exercício da cidadania e que este exercício pressupõe a capacidade de tomar decisões conscientes e responsáveis frente a situações reais colocadas pela sociedade, o papel da Educação Ambiental nessa formação não pode ser menosprezado.

A Lei nº 9.725, de 27 de abril de 1999, define em seu artigo 1º que: “*Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.*” (BRASIL, 1999)

E ainda, no seu artigo 4º, a lei acima citada apresenta os princípios básicos que devem orientar as ações de Educação Ambiental:

I - o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo;

II - a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o sócio-econômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade;

III - o pluralismo de idéias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade;

IV - a vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais;

V - a garantia de continuidade e permanência do processo educativo;

VI - a permanente avaliação crítica do processo educativo;

VII - a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais;

VIII - o reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual e cultural, (BRASIL, 1999; grifos meus).

Apesar da visão bastante abrangente apresentada pela Lei nº 9.725, minha experiência como professora do ensino médio em escolas públicas deste Estado indica que as ações de EA ali desenvolvidas limitam-se, em geral, à coleta seletiva do lixo (particularmente garrafas PET) com pouca inserção dos conteúdos programáticos, exceto, talvez, dos da Matemática.

Assim, tendo em vista as considerações descritas acima e a importância da Química no contexto da EA como descrito no inciso II do artigo 4 da Lei nº 9.725, propus responder a seguinte questão: **Qual a contribuição para a aprendizagem significativa (no contexto da Teoria de Ausubel) de conceitos de Cinética Química proporcionada a alunos do ensino médio por uma sequência didática que versa sobre o modelo de autodepuração da água de Streeter-Phelps?**

1.1 – CINÉTICA QUÍMICA: PROBLEMAS E DESAFIOS NO ENSINO MÉDIO

Pode-se dizer, de modo geral, que a Química é a Ciência que trata da estrutura e da reatividade dos materiais.

Quando se pensa nos aspectos relacionados à reatividade, dois fatores têm que ser considerados: os termodinâmicos e os cinéticos. A Termodinâmica determina as condições mínimas que permitem com que uma dada reação ocorra, mas não diz nada sobre com que rapidez essa reação irá ocorrer: este é o campo da CINÉTICA QUÍMICA.

Segundo Justi e Ruas (1997) a descrição das reações químicas por meio de modelos cinéticos é importante. Entretanto, os autores relatam que para o ensino médio, a compreensão dos conceitos referente à velocidade e à descrição teórica molecular das

reações encontra-se fragmentada, não contribuindo para uma total aprendizagem deste conteúdo.

Na escola de nível médio, o ensino do conteúdo de cinética química está limitado apenas à disciplina de química, porém, muitos alunos apresentam concepções relacionadas ao conceito de cinética já introduzido na disciplina de física, o que ocasiona, na maioria das vezes, certa dificuldade na compreensão científica do conceito frente à disciplina em questão.

Outro fato é que a transmissão das informações e dos conceitos envolvidos na cinética química destina-se exclusivamente ao tratamento das reações químicas com diferentes velocidades e os fatores que podem alterar a velocidade das reações, levando em conta as ideias ou concepções que os alunos adquiriram de conteúdos vistos em séries anteriores, como as ligações químicas e formação das reações químicas. Todavia, não se leva em consideração que tais concepções ou ideias não passam de meras descrições sem coerência de como realmente se processa uma reação química.

Considerando a maneira pela qual os conteúdos químicos, em especial os conteúdos de cinética química, são ministrados em sala de aula, observamos que as atividades didáticas, são geralmente baseadas em aulas expositivas sem articulações entre o cotidiano e os conhecimentos prévios do aluno. Os livros didáticos, por sua vez, não apresentam contribuições relevantes para reverter esta situação, o que torna o ensino desse tópico, e de outros conteúdos, desmotivante e centrado no discurso exclusivo do professor (LIMA et al., 2000).

Outro fator preocupante em relação à problemática do ensino de cinética química a nível médio é a apresentação do conteúdo nos livros didáticos adotados pelas instituições de ensino. Encontram-se livros didáticos que não abordam a contextualização dos conteúdos químicos com assuntos vinculados à realidade cotidiana dos alunos e muito menos, como coloca Cirino e Souza (2010), a contextualização do estudo da cinética química relacionado a outros conteúdos pertencentes à disciplina, como a termoquímica.

O conceito de cinética química tem sido indicado por muitos professores como problemático para o ensino da disciplina e apontado por alguns autores (REZZADORI e CUNHA (2005); LIMA et. al, (2006); MOREIRA et al., (2008); SILVA et al., (2008) PRUST et al., (2008)) como um conceito extremamente rico para o ensino de química, pois está ligado a outros temas, como: reações químicas, termoquímica, soluções,

equilíbrio químico, etc. Entretanto, verifica-se que as abordagens presentes nos livros didáticos e identificadas em sala de aula buscam priorizar os aspectos matemáticos (quantitativos) relacionados ao conceito.

Observa-se que, ao término do estudo deste tópico, muitos estudantes são capazes de calcular a velocidade média de uma reação química a partir de uma dada concentração de reagentes em um determinado intervalo de tempo. Todavia, se investigarmos a fundo como os mesmos compreendem a ocorrência de uma reação química ou como a temperatura pode influenciar a velocidade da reação, provavelmente constataremos que esta compreensão fica muito comprometida.

Os problemas com o conteúdo de Cinética não se restringem ao nosso país. Uma pesquisa bibliográfica realizada recentemente na base de dados SciFinder Scholar, tendo como tópico da pesquisa a frase “teaching chemical kinetics”, apontou um total de 502 referências; deste total, 60 encontram-se registradas nos anos de 2010 e 2011, o que mostra a atualidade das pesquisas nesta área. Devemos ressaltar que nenhum dos 502 artigos faz referência ao modelo de Streeter-Phelps.

1.2 – CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Santos e Schnetzler (2003) salientam a importância do uso de temas sociais vinculados ao ensino, pois estes objetivam a contextualização do conteúdo e permitem o desenvolvimento de habilidades essenciais. Ao contextualizar o conteúdo, estes temas explicitam o papel social da química, as suas aplicações e implicações e demonstram como o cidadão pode aplicar o conhecimento da sua vida cotidiana.

Como contempla Ribeiro et al. (2010), o desenvolvimento do conteúdo da disciplina por meio de assuntos ou temas que permitem uma abordagem mais problematizadora, interdisciplinar e contextualizada é proposta por diferentes correntes de Ensino de Ciências em oposição à fragmentação do ensino disciplinar e conteudista.

Entre os diversos temas sociais que podem ser trabalhados de uma maneira relevante no ensino de química, destaca-se a temática ambiental, devido à sua presença marcante nos dias atuais, necessidade de preservação e conscientização e ao fácil

reconhecimento entre as atividades químicas e o meio ambiente, como por exemplo: os problemas ambientais e a solução destes problemas.

Como descreve Rua e Souza (2010, p. 95)

A constatação de que o avanço tecnológico tem sido associado à degradação do meio ambiente faz crescer o interesse pela Educação Ambiental (EA), mas tentando resgatar a participação dos cidadãos na solução dos problemas, já que o futuro da humanidade depende da relação estabelecida entre a natureza e o uso pelo homem dos recursos naturais disponíveis.

Para maior efeito, as aulas de química a nível médio podem ser desenvolvidas mediante a abordagem dos conceitos químicos envolvidos na preservação e tratamento dos recursos hídricos. Como ressalta Ferreira et al (2004), além de possibilitar a exploração de temas do cotidiano e a realização de atividades experimentais, a abordagem de temas direcionados a água, lança meios ao professor para contemplar a legislação das Diretrizes Curriculares para os cursos de Química e os Parâmetros Curriculares para o Ensino de Médio, que recomendam o ensino da disciplina envolvido no tratamento de questões ambientais.

1.3 – EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DE QUÍMICA: PERSPECTIVAS E PROBLEMAS

Atualmente o interesse pela educação ambiental vem experimentando um crescimento significativo em nossa sociedade. As inúmeras conferências e congressos mundiais em prol da necessidade da preservação do meio ambiente deram espaço à discussão da problemática ambiental e incentivaram a criação de uma educação caracterizada pela busca de mudanças, sensibilizações e consequentes mobilizações das pessoas para a criação de uma consciência globalizante que beneficie o meio em que vivem.

De acordo com Reigota (1997):

[...] a educação ambiental é uma proposta que altera profundamente a educação como a conhecemos, não sendo necessariamente uma prática pedagógica voltada para a transmissão de conhecimentos sobre ecologia. Trata-se de uma educação que visa à utilização racional dos recursos naturais [...], mas basicamente a participação dos cidadãos nas discussões sobre a questão ambiental (REIGOTA, 1997, p.10).

As ideias iniciais da educação ambiental possuem referências internacionais como: Clube de Roma (1968), I Conferência Mundial de Meio Ambiente Humano (1972), Carta de Belgrado (1975), Conferência de Tbilisi (1977) e Moscou (1987). A partir destes eventos abriu-se um espaço para discutir o papel da escola na conscientização dos indivíduos em relação à problemática ambiental. Em consequência disso a educação ambiental passou a integrar os currículos escolares (TOZONI-REIS, 2004).

Nesse contexto, como coloca Penteado (2000), a escola apresenta importante papel na consolidação do processo da educação ambiental, pois apresenta um espaço adequado ao desenvolvimento da cidadania e à formação da consciência ambiental.

A escola é, sem sombra de dúvidas, o local ideal para se promover este processo. As disciplinas escolares são os recursos didáticos através dos quais os conhecimentos científicos de que a sociedade já dispõe são colocados ao alcance dos alunos. As aulas são o espaço ideal de trabalho com os conhecimentos e onde se desencadeiam experiências e vivências formadoras de consciência mais vigorosas porque alimentadas no saber (2000, p.16).

Fazendo-se uma análise geral referente à definição da Educação Ambiental, verifica-se que tal definição varia de acordo com o contexto inserido para o trabalho de temas ambientais. Muitos afirmam que trabalhar a Educação Ambiental em sala de aula é trabalhar temas relacionados diretamente ao meio ambiente, ou seja, as naturezas em si. Neste processo destacam-se questões ligadas à poluição, lixo, degradação do meio ambiente, etc. Já outros defendem a ideia de que esta está relacionada a um caráter mais real, voltada para a realidade da prevenção ou remediação dos problemas ambientais detectados.

Ela pode ser abordada pelo professor de uma forma interdisciplinar, pois possibilita a interação com diversos conhecimentos. Outra forma de abordagem é dentro de uma disciplina específica, discutindo-se juntamente com o conteúdo os temas ambientais.

A escola apresenta condições favoráveis à prática da Educação Ambiental, principalmente pelo fato das disciplinas apresentarem conteúdos que sejam ligados a temas do ambiente, bem como as relações humanas com o mesmo, não deixando de lado o conteúdo formal. Entretanto temas relacionados à questão ambiental devem estar presentes nos currículos escolares, não como uma disciplina específica ou isolada, mas em todas as disciplinas nas diferentes áreas de conhecimento.

Segundo os PCN (2001, p.53) a Educação Ambiental tem como alguns objetivos:

- Conhecer e compreender, de modo integrado e sistêmico, as noções básicas relacionadas ao meio ambiente;
- Observar e analisar fatos e situações do ponto de vista ambiental, de modo crítico, reconhecendo a necessidade e as oportunidades de atuar de modo reativo e propositivo para garantir um meio ambiente saudável e a boa qualidade de vida;
- Compreender a necessidade e dominar alguns procedimentos de conservação e manejo dos recursos naturais com os quais interagem, aplicando no dia-a-dia;
- Perceber, apreciar e valorizar a diversidade natural e sociocultural, adotando posturas de respeito aos diferentes aspectos e formas do patrimônio natural, ético e cultural;
- Identificar como parte integrante da natureza, percebendo os processos pessoais como elementos fundamentais para a atuação criativa, responsável e respeitosa em relação ao ambiente.

Em se tratando da disciplina de química, observa-se de acordo com os PCN:

... o ensino de Química tem se reduzido à transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, exigindo deste quase sempre pura memorização, restrita a baixos níveis cognitivos...Reduz-se o conhecimento químico a fórmulas matemáticas e à aplicação de “regrinhas”, que devem ser exaustivamente treinadas, supondo a mecanização e não o entendimento de uma situação problema. Em outros momentos, o ensino atual privilegia aspectos teóricos, em níveis de abstração inadequados aos estudantes (PCN, 1999, p.241).

Embora reconhecida a importância e a necessidade do exercício da educação ambiental no âmbito escolar e vinculado ao ensino de química, ainda há dificuldades para o seu desenvolvimento, que estão associadas à falta de recursos, despreparo do professor, pouco envolvimento da comunidade no planejamento escolar e uma prática pedagógica, de caráter “conteudista” predominante no ensino tradicional aliada à rigidez da estrutura escolar (MORADILLO e OKI, 2004).

Neste âmbito, a química pode contribuir para esse processo, pois seus conceitos relacionam-se, direta e indiretamente, com a compreensão dos sistemas ambientais (REZZADORI e CUNHA, 2006).

Uma maneira de reverter a situação da disciplina de química e contribuir para que os conhecimentos químicos sejam aprendidos de forma significativa pelos alunos, é o desenvolvimento e o trabalho do conteúdo formal da disciplina em conjunto com temas sociais vinculados a situações rotineiras dentre os quais destaca-se a questão ambiental.

A abordagem de temáticas ambientais nas aulas pode proporcionar participação por parte dos alunos, além de propiciar momentos para o desenvolvimento de atividades de educação ambiental. As aulas planejadas com esta abordagem possibilitam que as informações sejam trabalhadas com o intuito de favorecer a formação de cidadãos, desenvolver habilidades e competências nos alunos e ainda permitir à interdisciplinaridade entre os conteúdos presentes no currículo escolar.

Desta forma, a escola, além de trabalhar as informações necessárias e o conteúdo formal da disciplina, trabalha o desenvolvimento de atitudes, valores e habilidades para que seus integrantes atuem no ambiente promovendo o bem estar, ou seja, passa dessa forma a integrar a educação ambiental na cultura dos cidadãos.

A química ambiental pode estar relacionada à química dos processos que envolvem a natureza e também pode ser entendida quanto aos aspectos químicos dos problemas que o homem produz no meio. Mesmo a química sendo considerada uma ciência tão complexa, está ligada a problemas ambientais que podem ser entendidos simplesmente com um pouco de conhecimento químico.

A introdução de temas ambientais abordados na química do ensino médio apresenta-se como uma forma metodológica diversificada, possibilita quebra da rotina da sala de aula, pois além dos conceitos básicos é possível trazer informações

complementares (que se encaixam com os conceitos), fazendo com que os alunos percebam que há uma ligação entre a teoria e a sua realidade. Desenvolve-se assim a compreensão dos conhecimentos a partir do estudo de fenômenos dentro de um contexto social real.

Mediante isto se propõem ao estudo de química uma aprendizagem mais significativa e relevante à medida que insere o aluno no meio do estudo, visando assim a forma de estudo, a disciplina lança meios que contribuem no processo de construção de cidadania, desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão e participação à ação social responsável.

1.4 – OBJETIVO

Investigar as contribuições para a aprendizagem significativa de conceitos de Cinética Química vinculados às premissas da Educação Ambiental, no ensino médio, proporcionadas por uma sequência didática baseada na equação de auto-depuração de Streeter-Phelps.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO.

2.1- A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

De acordo com a teoria de David Ausubel, o fato isolado que mais influencia a aprendizagem significativa e a retenção do conhecimento é a estrutura cognitiva. Esta se trata de um conjunto formado por conhecimentos claros, estáveis e organizados e uma vez adquirida, representa uma condição essencial e significativa que influencia na aquisição de mais e de novos conhecimentos ao indivíduo.

É impossível conceber qualquer exemplo de aprendizagem que não seja afetado de alguma maneira pela estrutura cognitiva existente [...] Na aprendizagem significativa, portanto, a estrutura cognitiva é sempre uma variável relevante e decisiva, mesmo que não seja deliberadamente manipulada e influenciada para se averiguar o seu efeito sobre a nova aprendizagem (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 139).

Rosália (1976) complementa que a estrutura cognitiva é por hipótese uma estrutura piramidal, organizada hierarquicamente em termos de concepções altamente inclusivas sob os quais são subsumidas por concepções menos inclusivas, bem como dados ou informações específicas. Dessa forma, a organização do conteúdo de uma dada disciplina no aprendiz consiste nessa estrutura hierárquica, na qual os conceitos mais inclusivos e menos diferenciados ocupam uma posição máxima e abrangente progressivamente conceitos menos abrangentes e mais diferenciados.

A determinação da estrutura cognitiva do aprendiz, segundo Ausubel, faz referência à determinação dos subsunçores que o indivíduo dispõe, seu grau de clareza, estabilidade, relacionamento e hierarquização. Trata-se, portanto, de uma tentativa de mapeamento do conhecimento do aprendiz (MOREIRA, 1983).

O conceito central que rege a teoria de Ausubel é o da aprendizagem significativa. Esta, por sua vez, ocorre quando uma nova informação ou conceito relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do aprendiz, ou

seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, denominada pelo autor como subsunçor. (MOREIRA, 1983).

Segundo Ausubel, Novak, Hanesian (1980),

[...] a essência do processo de aprendizagem significativa é que as idéias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). Uma relação não arbitrária e substantiva significa que as idéias são relacionadas a algum *aspecto relevante existente* na estrutura cognitiva do aluno, como, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 34).

A ocorrência da aprendizagem significativa pressupõe a necessidade de um relacionamento evidenciado pela substantividade e pela não arbitrariedade, entre as informações que o aluno já sabe e as novas informações a serem aprendidas. Essa relação informa que as ideias são relacionadas a alguns conceitos de maior relevância presentes na estrutura cognitiva do mesmo. A estrutura cognitiva mencionada por Ausubel corresponde a uma organização hierárquica de conceitos na qual os mesmos ligam-se entre si, obedecendo a uma sequência de conexão dos conceitos mais gerais aos mais específicos.

O conceito de subsunçor (AUSBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980) é entendido como os conceitos, ou informações subsistidos na estrutura cognitiva do indivíduo, os quais apresentam a capacidade de servir como uma ligação e permitir a assimilação dos novos conceitos. Este tipo de aprendizagem ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos relevantes, presentes na estrutura cognitiva, formando uma hierarquia conceitual, onde as ideias mais específicas de determinado conhecimento são incorporados a conceitos mais inclusivos. (MOREIRA, 1999).

As informações, ideias ou as proposições, elementos específicos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, são referências relevantes para a atribuição de significados ao novo conteúdo que se quer aprender. O professor, ao identificar os subsunçores existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, deve conduzir sua aula de modo que esses conceitos sejam como uma “âncora”, permitindo que as novas informações liguem-se a eles, assumindo significado para o aluno.

Contudo, não basta aos professores fazerem a identificação e a organização das informações adquiridas pelos alunos em situações anteriores de ensino ou de experiências cotidianas para que o processo de aprendizagem significativa se suceda, são necessárias outras duas condições: a pré-disposição do aluno em aprender e o material a ser aprendido ser potencialmente significativo.

A primeira relaciona-se ao envolvimento ou a motivação do aluno com o processo de aprendizagem, ou seja, o indivíduo deve apresentar certa disposição para aprender. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) destacam a importância do interesse a participação do processo da aprendizagem por parte do aprendiz. Caso o estudante esteja intencionado somente a memorizar o conteúdo arbitrariamente e literalmente, a aprendizagem será mecânica.

Como coloca Moreira (1999), a segunda condição direciona-se ao caráter potencialmente significativo do material a ser aprendido. O conteúdo escolar deve ser relacionável à estrutura cognitiva do aluno e deve apresentar característica não arbitrária. Entretanto, para que ele seja potencialmente significativo deve apresentar duas condições subjacentes: o material deve apresentar uma natureza “logicamente significativa”, ou seja, ser suficientemente não arbitrário e não aleatório entre si, e é necessário que o estudante apresente em sua estrutura cognitiva alguns conceitos subsunçores com os quais o novo material é relacionável.

Em contrapartida à aprendizagem significativa, Ausubel menciona a existência da aprendizagem mecânica ou automática. Este tipo de aprendizagem consiste na apreensão de novas informações com pouca ou nenhuma associação a conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Detecta-se, neste caso, que a nova informação é armazenada de uma maneira arbitrária, não interagindo com informações armazenadas anteriormente. (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem mecânica se dá com a associação literal e não substantiva do material a ser aprendido, isso não quer dizer que ela se processa de uma forma vaga na estrutura cognitiva, pode existir algum tipo de associação, porém não se detecta uma interação entre a nova informação e os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Como pode apresentar, ou não, um grau de retenção baixíssimo ela se torna mais volátil.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980) esse tipo de aprendizagem sobrevém se o processo de aprendizagem se baseia de associações exclusivamente

arbitrárias. Por exemplo, se um estudante não apresenta conceitos ou informações básicas para aprender um determinado conteúdo, ele poderá aprender de uma forma mecânica, ocorrendo baixa ou nenhuma interação com os conceitos já detectados em sua estrutura cognitiva. Exemplos típicos de aprendizagem mecânica são: a aprendizagem de pares de sílabas, a simples memorização de leis e conceitos em física ou em química e jogos de quebra cabeça.

2.2 - TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) ressaltam a distinção entre três tipos de aprendizagem significativa. A primeira é a aprendizagem representacional, é o tipo mais básico, a qual os outros tipos são subordinados. Essa aprendizagem significativa é caracterizada pela atribuição de significados a determinados símbolos arbitrários e seus correspondentes referentes. Os símbolos (tipicamente palavras) passam a significar para o aluno aquilo que seus referentes (objetos ou evento) significam, ou seja, estabelecem uma equivalência de significados entre os símbolos e seus correspondentes.

O segundo tipo, denominado de aprendizagem de conceito, é considerado de certa forma como uma aprendizagem representacional mais genérica e abstrata, os conceitos, genéricos ou categóricos, são representados por símbolos particulares que representam atributos criteriais dos correspondentes referentes.

O terceiro e último tipo é a aprendizagem proposicional. Seu objetivo não é a aprendizagem de proposições por equivalência representacional, ou seja, não se atém a aprendizagem representada por palavras isoladas ou combinadas, mas a aprendizagem do significado de novas ideias de modo proposicional (em forma proposição).

A aprendizagem proporcional é destacada por Ausubel como sendo a mais complexa entre os outros tipos de aprendizagem descritos anteriormente e pode ser dividida em outras categorias como: subordinada, superordenada e combinatória.

A primeira categoria destina-se à aprendizagem subordinada, que ocorre quando uma nova proposição interage ou é relacionada significativamente a determinados subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aluno. Caso o conteúdo de aprendizagem reforce uma ideia contida na estrutura cognitiva, ela é denominada

aprendizagem subordinada derivativa e se o material for uma extensão, modificação ou quantificação de ideias anteriormente aprendidas é considerada aprendizagem subordinada correlativa.

A aprendizagem superordenada ocorre quando um novo conceito pode ser relacionado a determinados conceitos existentes na estrutura cognitiva. A terceira categoria, denominada aprendizagem combinatória, refere-se ao não relacionamento de uma proposição potencialmente significativa às ideias superordenadas, nem as subordinadas na estrutura cognitiva do estudante, mas pode ser relacionada a um conjunto de informações relevantes à estrutura cognitiva.

2.3- DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA.

Relacionado ao processo de aprendizagem significativa, Ausubel, destaca a existência de dois importantes conceitos de mútua relação: a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Segundo o autor, a diferenciação progressiva se origina quando o indivíduo aprende uma nova informação ou conceito por subordinação, na qual ocorre uma modificação das ideias ou conceitos mais inclusivos já existentes na estrutura cognitiva uma ou mais vezes.

Segundo Rosa (2008), o referido processo se dá quando um conceito subsunçor, por meio de contínuos processos de ancoragem, sofre modificações de significados, diferenciando-se progressivamente, obtendo dessa maneira maior estabilidade e clareza.

Por outro lado, como acrescenta Moreira (1983), na aprendizagem superordenada ou combinatória, as informações ou ideias estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz, no decorrer de novas aprendizagens, são identificadas como relacionadas. Dessa forma, novas informações são adquiridas e os elementos ou ideias já existentes na estrutura cognitiva podem se reorganizar e obter novos significados. Essa recombinação de elementos existente na estrutura cognitiva refere-se à reconciliação integrativa.

2.4- OS ORGANIZADORES PRÉVIOS.

Em função da dificuldade de aprendizagem de certos conteúdos escolares e para contribuir no processo de aquisição da aprendizagem significativa, Ausubel, sugere a

utilização dos organizadores prévios: materiais introdutórios com alto nível de generalização, apresentados anteriormente à apresentação do material a ser aprendido. Moreira (1999) salienta que estes materiais servem como uma de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, para que o material novo possa ser aprendido significativamente.

[...] os organizadores são normalmente introduzidos antes do próprio material de aprendizagem e são usados para facilitar o estabelecimento de uma disposição significativa para a aprendizagem. Os organizadores antecipatórios ajudam o aluno a reconhecer que elementos dos novos materiais de aprendizagem podem ser significativamente aprendidos relacionando-os com aspectos reativamente relevantes da estrutura cognitiva existente. (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p.143)

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) frisam que o organizador prévio tem como função principal o preenchimento do hiato entre aquilo que o aluno já conhece e o que necessita conhecer antes de aprender significativamente a nova situação com que se defronta. Os autores distinguem dois tipos de organizadores: os organizadores prévios expositivos e os comparativos. O primeiro tipo é recomendado quando o assunto ou conteúdo é totalmente desconhecido pelo estudante. Já o segundo caso é usado quando se trata do trabalho de informações similares ou não completamente novas.

O uso desses materiais introdutórios serve como uma ponte à nova ideia e ao desenvolvimento de subsunçores, uma vez detectada a falta e subsunçores adequados para a aprendizagem significativa, Ausubel deixa claro que não se tratam de introduções ou sumários de um determinado conteúdo a ser estudado, a construção destes depende da natureza do material de aprendizagem, da faixa etária do aluno e do grau de familiaridade inicial com o assunto a ser aprendido.

3 - ÁGUA: LEGISLAÇÃO E PARÂMETROS DE QUALIDADE, EQUAÇÃO DE STREETER-PHELPS

As propriedades físico-químicas da água bem como sua essencialidade para a existência da vida são sobejamente conhecidas e já foram relatadas inúmeras vezes, o que torna desnecessário repeti-las no contexto deste trabalho. Neste contexto, merecerá destaque o modo como socialmente há a apropriação deste bem, principalmente quando se trata de termos como “qualidade da água”.

Praticamente três terços da área terrestre é constituído por água, estando a maior parte localizada nos oceanos. Entretanto, a água do mar é considerada inadequada para o consumo e outras atividades humanas, restando assim uma pequena parcela de água doce concentrada nas galerias e calotas polares, sendo que desta, somente a água subterrânea e as águas captadas em rio e lagos são apropriadas para as necessidades humanas.

“Vivemos, literalmente, no mundo das águas. Todos os seres vivos dependem incondicionalmente de um suprimento de água. As reações bioquímicas de cada célula viva ocorrem em soluções aquosas; ela é o meio de transporte dos nutrientes de que uma célula necessita e para os resíduos que excreta. A água é abundante no planeta, mas cerca de 97% dela está nos oceanos, onde é salgada demais para o consumo humano ou de outras criaturas terrestres.”(SPIRO e STIGLINI, 2009, p.179)

O controle de qualidade da água deve ser primordial para assegurar a saúde da população, já que ela é, também, um veículo de transmissão de muitas doenças.

Apesar da água ser um recurso essencial para a existência da vida, observa-se que parte da população distribuída em diversas localidades terrestres ainda não possui acesso à quantidades suficientes de água potável para suprir suas necessidades básicas. Além das quantidades disponíveis desse recurso, é necessário destacar a importância da qualidade dela, uma vez que em muitas regiões este recurso hídrico encontra-se contaminado em consequência da falta de saneamento, do despejo de efluentes sem tratamento ou de materiais industriais nos rios e lagos que abastecem as residências, agricultura, etc.

O aumento da industrialização, da produção de alimentos e de bens de consumo, que permitiram inclusive o aumento populacional, que asseguram uma melhor qualidade de vida e desenvolvimento social (embora não igualmente entre as nações), elevaram muito o consumo da água, convertendo este recurso em um alvo de preocupações.

Os fatores que contribuem para a escassez da água potável em diversas regiões do planeta estão associados às crescentes formas de poluição das fontes e mananciais aquáticos, à degradação de lençóis freáticos, rios e lagos, ao assoreamento de leitos de rios, etc., pelas atividades humanas.

Azevedo (1999) enumera três importantes formas de poluição que afetam os meios aquáticos. A primeira é a poluição térmica, causada pelo descarte de grandes volumes de água aquecida usada em vários processos industriais. A segunda, a poluição sedimentar, que resulta do acúmulo de partículas em suspensão, provenientes do solo ou de produtos químicos insolúveis e a última, a poluição química é causada pela presença de produtos químicos nocivos e indesejáveis.

Tais tipos de poluição alteram as características naturais e as propriedades químicas da água, ocasionando a elevação da temperatura, mudança de cor e odor, e diminuições da solubilidade de gases, prejudicando a diversidade de animais e a biota que se encontra nos meios aquáticos, além de torná-la imprópria para o consumo humano.

Como coloca Baird (2002), a poluição das águas naturais por contaminantes biológicos e químicos é um problema de âmbito mundial. Embora a sociedade venha se preocupando com esta poluição, este fato só foi reconhecido como um problema sério há algumas décadas.

Bernardo (2003) ressalta que o tratamento de água de abastecimento para o consumo humano pode ser definido como o conjunto de processos (e operações) efetuados com a finalidade de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta com padrão organolepticamente agradável e que não ofereça riscos à saúde humana. Este padrão é determinado por órgão competente por intermédio de legislações específicas, como é o caso da Agencia Nacional de Águas- ANA.

As duas Portarias descritas a seguir foram retiradas de publicações do Ministério da Saúde e da Fundação Nacional da Saúde - FUNASA, as quais abordam a questão da qualidade e do tratamento de águas destinadas ao consumo humano, que devem ser

obedecidas à risca nas estações de tratamento de água e fiscalizadas por autoridades sanitárias.

A *Portaria 1.469*, intitulada como “Controle e a Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano e o seu Padrão de Potabilidade” é um instrumento utilizado pela vigilância da qualidade da água de consumo humano dos estados e municípios. Esse documento tem a finalidade de promover a defesa da saúde contra as várias doenças relacionadas à transmissão via hídrica. Seus capítulos e artigos enfatizam e normatizam a responsabilidade da produção de água para o abastecimento, serviços de abastecimentos, controle e vigilância da qualidade de água destinada para o consumo.

Por meio da leitura da referida portaria constatamos que no artigo quarto, referente ao capítulo dois do documento, a designação do termo *água potável* refere-se à água destinada para o consumo humano, cujas variáveis físicas, químicas e microbiológicas atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça risco à saúde dos indivíduos que dela fazem uso.

O padrão de potabilidade da água é regulamentado pela *Portaria n. 518*, na qual se estabelecem os procedimentos e responsabilidades da qualidade da água para o consumo humano, relativos aos responsáveis pelo fornecimento de água e ao setor de saúde, na qual aborda vários parâmetros físicos e biológicos, químicos de natureza orgânica e inorgânica, agrotóxico e cianotoxinas.

Rocha et al (2004) enfatizam que a CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas - IQA, cuja finalidade direciona-se à interpretação das informações sobre a qualidade da água. Este índice incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, principalmente das águas destinadas ao abastecimento público. Fazendo-se uso de uma equação matemática, o índice é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrogênio e fósforo total, resíduo total e turbidez.

Garantir a qualidade da água destinada ao consumo humano é uma preocupação que envolve todos os integrantes da sociedade; é uma maneira de assegurar e proteger a saúde da população frente aos danos oriundos de qualquer tipo de contaminação das águas.

3.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O PARÂMETRO *OXIGÊNIO DISSOLVIDO* DA ÁGUA

Para Fiorucci e Filho (2005) existem duas categorias de reações químicas que devem ser analisadas quando se estuda as águas naturais: as reações ácido-base e as reações redox. A primeira está ligada aos fenômenos que controlam o pH e às concentrações de íons inorgânicos dissolvidos na água, enquanto a segunda está associada ao teor de matéria orgânica e ao estado de oxidação dos elementos presentes na água.

O desenvolvimento da presente pesquisa se pautou na segunda categoria de reações químicas, pois o conteúdo químico abordado se refere à cinética química, portanto, concentrou-se parte dos estudos em eletroquímica e principalmente no tema oxigênio dissolvido em meios aquáticos e no processo de autodepuração.

Sempre que comentamos sobre gases com os estudantes, a maioria relaciona esse conteúdo com exemplos de gases atmosféricos, mencionando o oxigênio usado na respiração e o processo de fotossíntese. Entretanto, quando abordamos os recursos hídricos, observa-se que pouco se sabe a respeito da sua importância e muito menos da solubilidade dos gases neste meio.

Da mesma forma como os animais terrestres dependem de oxigênio para sobreviverem, a presença de oxigênio dissolvido é fundamental para a vida dos microrganismos aeróbicos e dos animais que habitam os meios aquáticos. Os organismos que vivem nesses locais necessitam da energia adquirida no processo metabólico por meio do uso do oxigênio, que é indispensável para a respiração de peixes e necessário para muitas reações químicas importantes para este meio, como a oxidação da matéria orgânica. O oxigênio dissolvido também é utilizado como parâmetro no controle da poluição, no processo de tratamento das águas e na caracterização do meio aquático.

“O oxigênio dissolvido é um dos constituintes mais importantes dos recursos hídricos. Embora não seja o único indicador de qualidade da água existente, é um dos mais usados porque está diretamente relacionado com os tipos de organismos que podem sobreviver em

um corpo de água. Quando ausente, permite a existência de organismos anaeróbicos que liberam substâncias que conferem odor, sabor e aspecto indesejáveis a água (BRAGA et al., 2005)

Rocha et al (2004) complementa:

“A presença de oxigênio é essencial para vários organismos aquáticos nos processos metabólicos de bactérias aeróbias e outros microrganismos responsáveis pela degradação de poluentes nos sistemas aquáticos, os quais utilizam o oxigênio como acceptor de elétrons. Ele entra na água por via difusão na superfície, bem como por via processos fotossintéticos, os quais ocorrem devidos às algas e plantas submersas” (ROCHA et al, 2004, p.59).

O oxigênio presente na água provém da difusão do oxigênio disponível na atmosfera, que ocorre na superfície por meio da interação entre o ar e a água, ou seja, da dissolução do ar atmosférico na água, conhecido também por reoxigenação ou reaeração. Outros meios de obtenção do oxigênio são: através dos processos de fotossíntese realizados pelas plantas aquáticas e, em pequenas quantidades, por reações químicas que ocorrem neste meio e que liberam oxigênio.

A presença de oxigênio possibilita que a respiração dos seres aquáticos forneça energia redox para a preservação da vida, porém, na água sob a forma líquida, o oxigênio pode facilmente se esgotar. A solubilidade deste gás em água é de apenas 9 mg/L a 20 °C e menor ainda em temperaturas elevadas. Entretanto, o suprimento do mesmo pode ser renovado pelo contato do ar, como em correntezas rápidas. Contudo, em água parada ou em solos encharcados, a difusão do oxigênio é lenta em relação à velocidade do metabolismo microbial, ocasionando um esgotamento deste gás (SPIRO e STIGLINI, 2009).

A alteração da quantidade de oxigênio dissolvido nas águas de rios ou lagos em muitas regiões decorre das atividades ou ações humanas, como o lançamento de dejetos industriais ou residenciais diretamente nesses locais.

A concentração necessária deste material para a decomposição da matéria orgânica é denominada de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Como colocam Braga et al. (2005) a DBO é o oxigênio que vai ser usado na respiração dos decompositores aeróbicos para a decomposição completa da matéria orgânica lançada

em um curso d'água. Este parâmetro tem a finalidade de avaliar o potencial poluidor de materiais biodegradáveis em função do consumo de oxigênio, em um determinado espaço de tempo.

A redução das concentrações de oxigênio dissolvido nas águas naturais está associada às quantidades de matéria orgânica biodegradável, derivada do despejo de esgoto e dos efluentes ou resíduos orgânicos industriais, que são lançados nas mesmas. Esse material depositado é decomposto por microrganismos que necessitam de oxigênio para a sua respiração, o que acarreta um aumento do consumo deste. Quanto maior for a quantidade de substâncias orgânica maior será a população desses decompositores e consequentemente maior será o consumo de oxigênio. Logo, os outros seres dependentes de oxigênio, como os peixes, não conseguem sobreviver nestas áreas.

Braga (2005) destaca que, ao ser lançada uma quantidade de matéria orgânica biodegradável em meio aquático, os decompositores fazem sua digestão por meio de mecanismos bioquímicos, onde os seres decompositores aeróbicos respiram o oxigênio dissolvido na água e passam a competir com os demais organismos. Como estes organismos têm alimento à sua disposição e possuem requisitos de sobrevivência em termos de oxigênio bem baixo, eles ganham a competição. Com isso morrem os demais seres dependentes de oxigênio e a população de decompositores se multiplica rapidamente.

É dessa maneira que a matéria biodegradável provoca a poluição nos meios aquáticos. O outro fato observado em função da ausência de oxigênio dissolvido em um curso de água é que o elevado desenvolvimento de organismos anaeróbicos decompositores ocasiona a formação de substâncias que conferem cor e odores indesejáveis à água, originadas da decomposição da matéria orgânica por estes seres.

3.2 - AUTODEPURAÇÃO

Do ponto de vista ambiental, a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido em meios aquáticos pelos processos de poluição, desencadeia inúmeras consequências à biota aquática local. No entanto, por meio de mecanismos naturais que são designados sob o nome genérico de autodepuração, pode haver recuperação dos níveis anteriores de oxigênio.

Um corpo de água poluído por lançamento de matéria orgânica biodegradável sofre um processo natural de recuperação denominado autodepuração. A autodepuração realiza-se por meio de processos físicos (diluição, sedimentação), químicos (oxidação) e biológicos. A decomposição da matéria orgânica corresponde, portanto, a um processo biológico integrante do fenômeno da autodepuração. É importante salientar que os compostos orgânicos biorresistentes e os compostos inorgânicos (incluindo os metais pesados) não são afetados pelo mecanismo da autodepuração. (BRAGA et al., 2005, p.88).

Palma-Silva et al. (2007) complementam que a autodepuração dos rios é um processo natural que ocorre em uma corrente de água. Essa capacidade de autodepuração está associada a fatores físicos, químicos e biológicos de recuperação das qualidades ecológicas dessa corrente de água, após o recebimento de uma carga poluidora, ou seja, após a sua contaminação. Observa-se que esse processo está ligado à restauração do equilíbrio aquático através de mecanismos naturais.

Um dos primeiros modelos matemáticos, e que ainda está incluído dentre os principais propostos para analisar teoricamente a qualidade das águas é o modelo de Streeter e Phelps (1925). O modelo é constituído por duas equações diferenciais, onde uma modela a oxidação da parte biodegradável da matéria orgânica, (equação 1) e a outra modela o fluxo de oxigênio proveniente da re-aeração atmosférica, (equação 2) (BEZERRA *et al.*, 2008).

$$\frac{dL}{dt} = -K_1 \cdot L \quad (\text{equação 1}); \text{ onde } L = \text{demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e } K_1 \text{ é a constante de desoxigenação, dependente do tipo de efluente.}$$

$\frac{dD}{dt} = -K_2 \cdot L$ (equação 2); onde D corresponde ao déficit de oxigênio (isto é, à diferença entre a concentração de saturação do oxigênio na água e a concentração de oxigênio dissolvido em um dado instante) e K_2 é a constante de re-oxigenação de um corpo de água, dependente da turbulência desse corpo.

Em função da quantidade de oxigênio dissolvido no meio, o fenômeno de autodepuração pode ser dividido em duas etapas: decomposição e recuperação (ou reaeração). A relação entre ambas, influenciada pelas características de vazão do meio aquático, é que possibilita o restabelecimento das condições normais após o lançamento da carga poluidora do curso de água.

A etapa de decomposição, fonte de consumo de oxigênio, consiste na quantidade de oxigênio dissolvido no meio aquático necessária para a decomposição da matéria orgânica (DBO). A DBO serve como uma forma de medição do potencial poluidor de certas substâncias, biodegradáveis, em relação ao consumo de oxigênio. A segunda etapa, de recuperação de oxigênio, refere-se às fontes contínuas que adicionam oxigênio ao meio aquático, que pode ser via atmosférica ou via fotossíntese (BRAGA et. al,2005).

Mediante estas etapas iniciais, Braga et. al 2005 salientam que é possível constatar a presença de cinco zonas importantes que descrevem o fenômeno de autodepuração de um rio como é descrito a seguir e ilustrado na Figura 2.

Região anterior ao lançamento de matéria orgânica ou zona de águas limpas: as águas encontram-se limpas, há alta concentração de oxigênio dissolvido e vida aquática superior, e não há presença de poluição anterior.

Zona de degradação: ponto de lançamento dos poluentes biodegradáveis é caracterizado por um decréscimo inicial na concentração de oxigênio dissolvido, sedimentação parcial do material sólido e de aspecto indesejável. Existem, nesta região, alguns peixes em busca de alimentos, poucas algas e bactérias e fungos em quantidades elevadas.

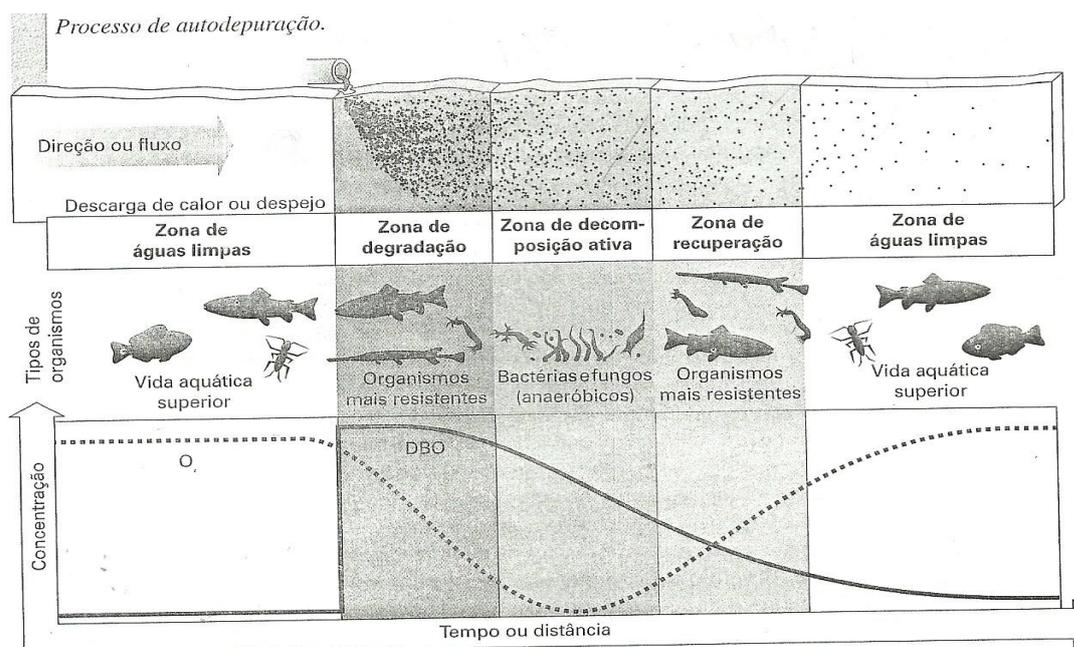


Figura 2- Esquema de ilustração do Processo de Autodepuração, segundo Braga *et al.*, 2005, p.90.

Zona de decomposição ativa: nesta região a concentração de oxigênio dissolvido atinge um valor mínimo, podendo-se igualar a zero em certos casos. Neste momento, a quantidade de bactérias e fungos diminui, havendo também uma redução ou mesmo eliminação na quantidade de organismos anaeróbicos.

Zona de recuperação: esta região é caracterizada pelo aumento da concentração de oxigênio dissolvido, pois os mecanismos de reaeração acabam predominando sobre os mecanismos de desoxigenação. A concentração de oxigênio dissolvido volta à concentração de saturação. Os aspectos da água melhoram progressivamente, reduzindo a quantidade de fungos e bactérias e aumentando a quantidade de peixes e outros organismos aeróbicos.

Zonas de águas limpas: nesta região as águas do leito voltam a apresentar condições satisfatórias com relação às concentrações de oxigênio dissolvidas devido à demanda bioquímica e com relação à presença de organismos aeróbicos. Entretanto, isso não significa que esta região esteja livre de organismos patogênicos.

Outros fatores observáveis e que apresentam contribuições significativas a este processo, além dos mencionados acima, são: o potencial poluidor do rejeito, a quantidade inicial de oxigênio dissolvido presente no meio e a temperatura.

4 – METODOLOGIA

4.1- PESQUISA QUALITATIVA

Nesta pesquisa utilizamos os referenciais da pesquisa qualitativa para a aquisição e análise dos dados.

A pesquisa qualitativa envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com as situações estudadas, enfatiza tanto o processo quanto o produto (frequentemente há uma ênfase maior no processo) e se preocupa em retratar as perspectivas dos participantes. Nas palavras de BOGDAN e BIKLEN, *“a investigação qualitativa exige que o mundo seja examinado com a idéia de que nada é trivial, que tudo tem o potencial para construir uma pista que nos permita estabelecer uma compreensão mais esclarecida do nosso objeto de trabalho”* (BOGDAN E BIKLEN, 1994, p.49).

Bogdam e Biklem (1994) destacam ainda um conjunto de características essenciais capazes de identificarem uma investigação qualitativa:

- (1) o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como o seu principal instrumento;
- (2) o caráter descritivo dos dados coletados;
- (3) a preocupação com o processo é maior que o produto;
- (4) os significados que a pessoas dão as coisas e a sua vida chamam a atenção do pesquisador;

Para a presente pesquisa, o primeiro item está relacionado ao local, às instituições educativas, residências ou bairros etc., em que a pesquisa se desenvolve; e aos equipamentos, entrevistas, anotações, gravações, registros, etc., utilizados para a coleta de dados. A presença direta do investigador, nestes locais contribui na compreensão das ações dos sujeitos e quais são as circunstâncias que permeiam os dados elaborados pelos participantes do estudo.

O segundo item vincula-se às descrições e as transcrições minuciosas, por meio de palavras, dos dados mencionados acima, resgatando todas as informações possíveis obtidas do objeto ou grupo de estudo; o pesquisador se coloca como um participante ativo.

Os itens três e quatro abordam como a questão problema, da pesquisa, se exprime perante as atividades ou interações rotineiras e no resgate das perspectivas dos integrantes, ou seja, o modo como cada qual, interpreta ou julga as situações que estão sendo indagadas.

4.2 – DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Inicialmente, fizemos uma pesquisa bibliográfica sobre o processo ensino/aprendizagem dos conceitos de Cinética Química, em revistas publicadas em português. Verificou-se um restrito de trabalhos vinculados ao mesmo e, partindo deste diagnóstico, buscou-se a elaboração e o desenvolvimento de uma proposta didática, a qual abrangesse tanto os conceitos fundamentais pertencentes ao conteúdo de Cinética Química como a abordagem de temáticas ambientais relacionada a este conteúdo químico.

A temática ambiental escolhida, o modelo de Streeter-Phelps do processo de autodepuração de rios, deve-se ao fato do modelo postular que as reações de consumo e de reposição de oxigênio da água são reações de primeira ordem.

A sequência didática proposta envolve as seguintes etapas e estão descritas no quadro 1.

Quadro 1: Informações a respeito das etapas envolvidas na organização e desenvolvimento da sequência didática.

Etapas	Descrição	Objetivo	Justificativa
1	Aplicação do questionário inicial.	Identificar os possíveis subsunçores a respeito dos assuntos a serem abordados na sequência didática.	Etapas essenciais segundo o referencial teórico adotado.
2	Aula prática sobre fatores que influenciam a velocidade das reações (temperatura e superfície de contato).	Verificar se os alunos apresentam conhecimentos subsunçores referente a alguns conteúdos químicos já estudados anteriormente e iniciar o desenvolvimento dos conteúdos de cinética.	Captar a atenção dos alunos para o conteúdo desenvolvido; desenvolver as habilidades de fazer observações científicas.
3	Aula teórica sobre o conteúdo de Cinética Química.	Apresentar os conceitos fundamentais do conteúdo de Cinética Química.	Esta etapa constitui a apresentação teórica do novo conteúdo.
4	Aula sobre o tema da equação de autodepuração da água.	Utilizar a equação de autodepuração da água como um organizador prévio posterior a apresentação do conteúdo de Cinética Química.	Este material foi utilizado como uma ponte entre os conceitos químicos discutidos em sala, principalmente das equações de primeira ordem, e a equação de autodepuração da água.
5	Determinação do teor de oxigênio dissolvido em meios aquáticos.	Determinar a quantidade de oxigênio dissolvido em amostras de água captadas em torneiras da escola. Trabalhar as questões ambientais, presentes nos meios aquáticos, em função da presença do oxigênio dissolvido.	Esta etapa constituirá na abordagem da importância do oxigênio dissolvido em meios aquáticos, bem como a problemática ambiental verificada em função da sua ausência. Para tanto realizará a determinação do teor de oxigênio dissolvido através do método experimental de Winkler.
6	Avaliação por meio de provas escritas e de relatório.	Avaliar a aprendizagem significativa dos conteúdos químicos sobre cinética. Identificar as percepções dos estudantes sobre as questões de caráter ambiental envolvidas neste processo.	Etapas essenciais tanto do ponto de vista formal do processo educativo quanto da investigação do trabalho de dissertação.

4.3 – CARACTERÍSTICAS DO LOCAL E DA POPULAÇÃO DA PESQUISA.

A sequência didática foi aplicada em uma escola da rede estadual de ensino, situada em um bairro considerado de periferia, na cidade de Campo Grande - MS; a escola não possui laboratórios. Antes de iniciar o desenvolvimento dos trabalhos nesta instituição, os alunos, a direção e a coordenação pedagógica foram informados a respeito da relevância do trabalho e de todas as etapas envolvidas e deram seu aval.

A pesquisa envolveu trinta e um alunos de uma turma de segundo ano do ensino médio do período matutino, na qual a pesquisadora atuou como professora da disciplina Química.

A faixa etária dos alunos envolvidos na pesquisa variou de quinze a dezoito anos, dos quais poucos são repetentes e oriundos de transferência de outras escolas.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO INICIAL

Como apresentamos no Referencial Teórico (Cap. 2), mapas conceituais podem ser utilizados para representar a organização hierárquica de conteúdos, constituindo uma ferramenta importante para o docente planejar suas aulas, principalmente pensando em termos da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora.

Nesse contexto, a Figura 3 apresenta o mapa conceitual que elaboramos, onde as relações entre os conteúdos de Cinética Química e da autodepuração, de acordo com o modelo de Streeter-Phelps, são apresentados.

A análise da Figura 3 permite perceber que demos ênfase ao conceito de SER HUMANO vinculado exclusivamente à questão cultural. Relacionamos este conceito diretamente ao de EDUCAÇÃO sem a apresentação de outros conceitos de mesmo nível hierárquico como, por exemplo, o fato do ser humano ser um primata. Apesar de ser uma simplificação, considerando as relações de poder que pretendemos ressaltar, essa visão nos foi útil e, a nosso ver, correta.

A primeira etapa da sequência didática constituiu-se na sondagem das concepções prévias, dos 31 estudantes, e na identificação dos possíveis subsunçores existentes nas estruturas cognitivas dos alunos. Para tanto, foi aplicado à turma um questionário (apêndice A) com a abordagem de conceitos pertinentes ao conteúdo químico e a temas específicos à pesquisa como: água, tratamento da água, oxigênio dissolvido e o processo de autodepuração dos meios aquáticos. Todas as repostas obtidas encontram-se relacionadas no apêndice B.

Segundo a teoria de Ausubel, o fator isolado mais importante para a aprendizagem significativa é a identificação das concepções prévias que os alunos apresentam sobre determinado assunto, ou seja, aquilo que eles já sabem.

O planejamento das atividades de ensino de caráter eficiente, após esta identificação, deve apresentar relações diretas entre o que o aluno já sabe com o novo conhecimento que vai aprender.

Como coloca Moreira (1983) os subçunsores servirão de “âncoradouro” às novas informações a serem adquiridas pelos estudantes. Logo, consideramos que as concepções prévias identificadas a partir do questionário são fontes de dados importantes para o planejamento e a organização das atividades da sequência didática proposta.

Todas as questões que permitiram a investigação dos conhecimentos prévios dos alunos, bem como as suas respostas são apresentadas nos quadros abaixo. As respostas foram agrupadas e organizadas em categorias *a posteriori*, isto é, atribuíram-se categorias em função das respostas dos estudantes; a única exceção, ainda que parcial, a este modo de atribuição de categorias ocorreu na questão nº 3 e será discutida no momento devido.

O Quadro 1 apresenta as categorias atribuídas às respostas à questão nº 1 do questionário, na qual analisamos as respostas sobre a similaridade entre a fórmula molecular H_2O e a substância água de consumo diário. Para tanto, apresentamos as categorias obtidas e as indicações de algumas respostas dos alunos envolvidos.

A análise das informações apresentadas no Quadro 1 indica três categorias, que não permitem nenhuma consideração plausível neste momento da análise, são elas: respostas SIM sem justificativa, resposta NÃO sem justificativa e a resposta não sei.

A categoria 1 refere-se às respostas SIM, que apresentam justificativas relacionadas à fórmula molecular da água. De modo geral, os nove alunos desta categoria apresentam concepções errôneas sobre fórmulas moleculares. No entanto, além dessa observação geral, existem diferentes justificativas que apresentam concepções errôneas distintas.

Assim, os alunos 5 e 15 ressaltam que existem outras substâncias presentes na água que consumimos, indicando conhecimento da realidade concreta, mas afirmam que toda água pode ser representada pelo seu símbolo. Não chegaram a manifestar conhecimento dos conceitos de mistura e solução, indispensáveis para o entendimento do conteúdo de cinética. Uma explicação possível para isso é o fato da professora-pesquisadora ter utilizado, algumas vezes, o símbolo da água para representar ideias do dia-a-dia.

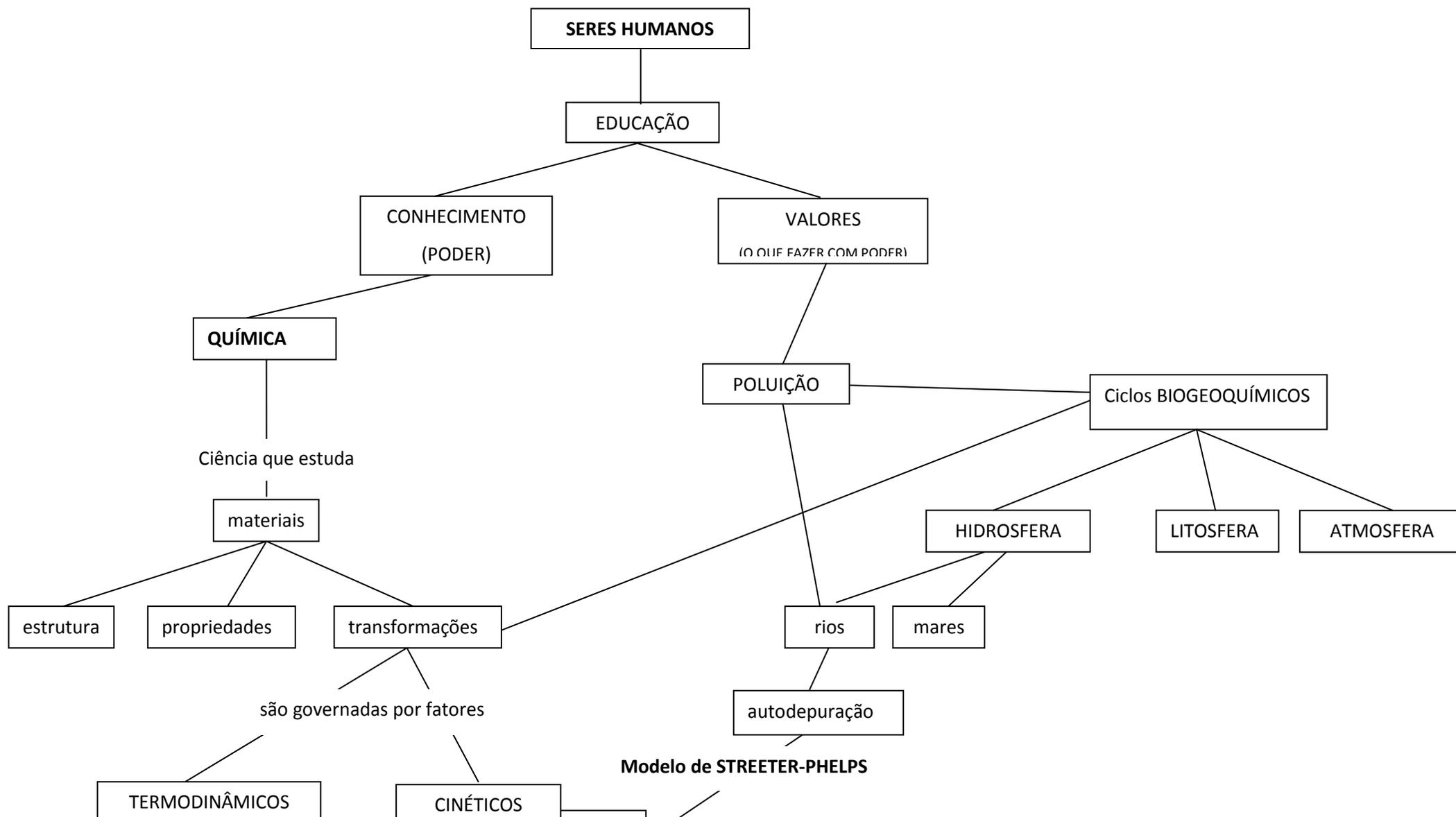


Figura 3 – Mapa Conceitual dos principais conceitos trabalhados nesta dissertação

Essa explicação parece se aplicar também aos alunos 9, 10, 19 e 22, embora eles não mencionem a ocorrência de outras espécies na água comum.

Por outro lado, o aluno 12 refere-se à utilização da água comum em experimentos de química para justificar sua resposta, isto é, parece que ele considerou o fato da utilização da água nessas condições como indicativo de que a água é pura e pode ser representada por H_2O .

Os alunos 7 e 18 ressaltam a questão da fórmula representar água e não consideram a presença de outras espécies químicas e, ainda, mostram confusão com o conceitos de molécula e de reações químicas ao afirmarem que 2 moléculas de hidrogênio mais um oxigênio formam H_2O .

O conjunto de respostas, destinada à categoria 2, indica que os alunos não consideram a água comum como sendo uma solução, mesmo quando consideram que existem outras espécies presentes. Merece destaque a resposta do aluno 14 justificando sua afirmação com base no gosto; parece-nos que há uma grande influência do ensino fundamental que classifica a água como sendo um líquido insípido, pois águas provenientes de diferentes fontes apresentam sabores distintos.

Como coloca Leal (2010), o fato de dizer que “ H_2O é água”, ou que “ H_2O e água” representam a mesma coisa, é uma afirmação descuidada. A fórmula química H_2O representa a molécula, unidade estrutural fundamental de uma substância, nesse caso, a água. Entretanto, o termo “água” designa a substância. Ao passo que a molécula de água é constituída por dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de oxigênio, a substância água, dependendo de certas condições, é um líquido transparente e incolor com várias propriedades físicas e químicas definidas.

Na sequência, as respostas incluídas na categoria 4 referem-se àquelas respostas NÃO, com justificativa e sem citação da fórmula da água e as incluídas na categoria 5 àquelas NÃO, com justificativa e com citação da fórmula da água.

Antes da análise das respostas do Quadro 1, faremos uma análise geral sobre essas duas categorias que correspondem às respostas corretas ou esperadas, para a questão 1.

Em primeiro lugar devemos analisar o fato de apenas onze (nove incluídos na categoria 4 e dois na 5) dos trinta e um alunos terem acertado a questão.

O primeiro fator a ser analisado é a clareza da pergunta, isto é, devemos questionar se o modo como escrevemos a questão foi interpretado corretamente pelos alunos. Em princípio a resposta parece ser que sim, pois, com exceção dos três alunos que responderam sem apresentar justificativa ou “*não sei*”, deram respostas pertinentes.

Outro aspecto a ser analisado é o fato de nenhum aluno, tanto dentre os que erraram quanto os que acertaram, usou as palavras mistura ou solução para se referir à água. Esse fato pode indicar que esses conceitos fundamentais para se trabalhar cinética química não são bem dominados pelos alunos.

Analisando-se as respostas apresentadas no Quadro 1 pode-se verificar que sete alunos justificaram o NÃO pela presença de outras substâncias, dos quais o cloro é a mais citada. Interessante destacar a resposta do aluno nº 30 que relaciona a potabilidade da água à adição de outras substâncias.

O aluno nº 13 justifica o NÃO considerando que a água é suja por possuir outras substâncias e, por isso, tem que passar por um processo de limpeza. Esta resposta contrasta com o destaque apresentado no parágrafo anterior.

O aluno nº 23 sugere que a água sai limpa e chega em casa após ter passado por mudanças, particularmente poluição. Parece-nos que a questão da contaminação da água durante seu transporte está delineada.

A categoria 7 refere-se às respostas; NÃO, com justificativas e com citação da fórmula da água.

A análise do Quadro 1 indica que o aluno nº 3 faz a mesma colocação dos sete alunos incluídos na categoria 4, apenas citando a fórmula H_2O . Já o aluno nº 6 apresenta, essencialmente, a mesma resposta que o aluno nº 23 (último parágrafo da página anterior), valendo, assim, as mesmas considerações.

A segunda questão relacionada à identificação das concepções prévias dos alunos, propõe a investigação sobre a potabilidade da água direcionada ao consumo diário dos estudantes. O Quadro 2 apresenta as categorias atribuídas às respostas dos alunos, bem como alguns exemplos de cada categoria.

De modo semelhante à questão nº 1, também há categorias que não permitem maiores análises nesse momento, são elas: NÃO, sem apresentar justificativas (categoria 3) e NÃO SEI (categoria 4). Classificaram-se cinco alunos nessas categorias.

A maior parte dos alunos, vinte e cinco de um total de trinta e um, respondeu NÃO à questão; vinte desses alunos (categoria 1) justificaram sua resposta com base no tratamento da água. São apresentadas no Quadro 2 todas as respostas incluídas nesta categoria.

Quadro 2- Análise das respostas a questão nº 1 sobre as relações entre a fórmula molecular H₂O e a substância água de consumo diário.

Questão 1 - Você considera a água, representada pela fórmula molecular H ₂ O, abordada em algumas aulas de química, como a mesma água que consumimos diariamente? Justifique a sua resposta.	
Categoria	Respostas (indicação dos alunos)
(1) Respostas SIM, que apresentam justificativas relacionadas à fórmula molecular da água.	(05) - <i>Sim, com algumas substâncias a mais, mais não deixa de ser H₂O.</i> (07) - <i>H₂O - Sim, porque H₂ é duas moléculas de hidrogênio + O que é oxigênio, então H₂O é apenas uma fórmula que representa a água.</i> (09) - <i>Sim. Porque não deixa de ser H₂O.</i> (10) - <i>Sim, porque toda substância é representada por uma fórmula, H₂O= água. (nunca ouvi falar de outra fórmula que representasse a água.</i> (12) - <i>Sim. Porque quando vamos fazer trabalhos de química, experiências usamos a mesma água que consumimos H₂O.</i> (15) - <i>Sim. É a mesma água (H₂O), mas não tão pura como a da fórmula H₂O.</i> (18) - <i>Para mim é H₂O, quer dizer que é um representante da água. H₂O = oxigênio, hidrogênio 2 moléculas.</i> (19) - <i>Sim. Porque nunca que alguém vai mudar sua fórmula real é H₂O, e sim a água.</i> (22) - <i>Sim, porque é a mesma fórmula.</i>
(2) Respostas SIM que apresentam justificativas sem citar a fórmula da água.	(02) - <i>Sim. Água é tudo igual.</i> (14) - <i>Sim, porque tem o mesmo gosto.</i> (16) - <i>Sim Devido algumas adições de minerais, cloros etc.</i> (17) - <i>Sim, a água para mim, se vem da encanação da rua é tudo igual.</i> (27) - <i>Águas na minha opinião são todas iguais por que eu acho que todas são tratadas do mesmo jeito</i>
(3) Respostas SIM sem justificativa.	(08; 11; 25; 28) Sim.
(4) Respostas NÃO, com justificativa e sem citação da fórmula da água.	(01) - <i>Não, pois a água que consumimos ela é alterada no reservatório são colocadas substâncias a mais.</i> (04) - <i>Não ela passa por algum lugar que colocam cloro na água.</i> (13) - <i>Não, pois tem água suja que tem mais substâncias só ficam limpa depois que passam por um processo de limpeza. E a água estudada na sala é pura.</i> (20) - <i>Não. Na maioria das residências, a água utilizada é com cloro.</i> (21) - <i>Não, pois, há mais componentes químicos para ajudar na purificação da água, como o cloro.</i> (23) - <i>Não, porque até ele chegar na nossa casa ele passa por mudanças, poluição,...</i> (24) - <i>Não, porque a maioria é com cloro.</i> (29) - <i>Não, pois a água passa por um tratamento sendo adicionados algumas substâncias como o cloro.</i> (30) - <i>Não porque a água que consumimos diariamente é passada por vários processos e chega até nós com outras substâncias sendo assim potável.</i>
(5)	(26) Não sei.
(6) Resposta NÃO sem justificativa.	(31) Não, porque não.
(7) Respostas NÃO com justificativas com citação da fórmula da água.	(03) - <i>Não porque principalmente, a água que vem da torneira não é pura, ela é mais que simplesmente H₂O, há cloro e até outras substâncias nela.</i> (06) - <i>Não, pois a água estudada na sala de aula (H₂O) é uma água pura e até chegar em nossas casas a água passa por várias transformações.</i>

Quadro 3- Análise das respostas a questão nº 2 sobre a potabilidade da água de consumo diário.

Questão 2 - A água que consumimos é uma substância pura? Justifique a sua resposta.	
Categoria	Respostas (indicação dos alunos)
(1) Resposta NÃO com justificativas pautadas no tratamento da água.	<p>(01) - Não, pois são colocados substâncias para tratar a água.</p> <p>(02) - Não. Porque passa por vários processos químicos.</p> <p>(03) - Não porque na água que consumimos (vinda de estações de tratamento) há substâncias diferentes.</p> <p>(04) - Não, pois tem cloro.</p> <p>(05) - Não, pois vem com algumas substâncias a mais, exemplo, cloro.</p> <p>(06) - Não porque até chegar nas casas para consumirmos ele passa por vários processos, e por isso não se torna totalmente pura.</p> <p>(08) - Não eu acho que tem muito cloro.</p> <p>(09) - Não porque possui cloro e outras impurezas.</p> <p>(10) - Não, ela apresenta cloro e outras substâncias.</p> <p>(11) - Não porque a água passa por vários processos antes de chegar até nos e nesses processos são misturados várias outras substâncias a ela.</p> <p>(12) - Não, porque se fosse para analisar as águas que consumimos, acharia vermes, bactérias e muito cloro na água.</p> <p>(14) - Não, porque ela passa por vários processos para purificar a água, usando sais e componentes químicos</p> <p>(15) - Não, ela apresenta cloro e outras substâncias, como microorganismos, cloro,...</p> <p>(18) - Bom, exatamente eu não sei, mas água que a maioria consome não, pois a mesma passa por um tratamento e é colocado cloro.</p> <p>(21) - Não, pois ela recebe produtos químicos para ser purificada.</p> <p>(22) - Não, porque passa por vários processos químicos</p> <p>(28) - Não, porque ela passa por vários processos antes de chegar a nossas casas.</p> <p>(29) - Não, possui cloro.</p> <p>(30) - Não porque quando ele chega até nós, já passou por vários processos de purificação, e mesmo assim ela fica com cloro.</p> <p>(31) - Não, pois ela passa por vários tipos de tratamento até chegar em minha casa.</p>
(2) Resposta NÃO com justificativas relacionadas ao tratamento da água.	<p>(16) - Não, pois é resultado de uma reação entre substâncias simples.</p> <p>(19) - Não, falta fazer melhoramentos com a fórmula da água para que ela seja uma água cristalina</p> <p>(23) - Não, porque existem outros tipos de substâncias poluindo as águas.</p> <p>(25) - Não, porque tem muitas substâncias</p> <p>(07) - Não porque eu já fiz um teste, amarrei um pano na torneira uma semana quando tirei, o pano estava muito sujo então não é boa para consumo.</p>
(3) NÃO sem justificativas.	(13; 20; 24) Não.
(4)	(17; 26) Não sei.
(5) Resposta SIM com justificativa baseada no tratamento da água.	(27) - Acho que sim, porque são bem tratadas e passam por vários processos

Continuando a análise, podemos observar que somente o aluno de nº 27 apresentou uma visão positiva do tratamento da água, mas confundiu o conceito de água potável com o de água pura.

A análise do Quadro 2 indica que dez alunos justificam a água consumida não ser pura por haver substâncias adicionadas, dentre as quais o cloro é mais citado. Possivelmente há uma interpretação do senso comum que atribui ao cloro qualquer cheiro ou odor diferente, mesmo que muitas vezes essas características sejam devidas a outros compostos, por exemplo, íons ferro. Vale destacar que o aluno 11 é o único que usa a palavra “misturados” dentre todas as respostas analisadas até este momento.

Adicionalmente, pode observar que outros seis alunos apontaram o processo de tratamento como o responsável pela água não ser pura. Destaca-se, nessas respostas, a do aluno nº 30, que considera que o tratamento não elimina cloro, isto é, parece que ele entende que o cloro está presente antes da água ser tratada e que o processo de tratamento não consegue eliminá-lo.

Os alunos nº 12 e 15 citam que na água encontrariam vermes, microrganismos e cloro; não foram obtidos dados sobre a fonte da água consumida (ainda há muitas casas em Campo Grande que retiram água de poços), mas, claramente, o papel do tratamento e, particularmente da cloração, não foi entendido por esses alunos. Cabe ressaltar que esse processo é estudado no ensino fundamental.

Estão incluídas na categoria 2 as resposta: NÃO, com justificativas não relacionadas ao tratamento da água. A análise mostra a justificativa do aluno nº 7 baseada em uma parte experimental proposta e realizada pelo próprio aluno, muito interessante tanto sob o ponto de vista do ensino de química como o de educação ambiental.

O aluno nº 25 justifica sua resposta apenas dizendo que tem outras substâncias, não possibilitando outras avaliações. Já a justificativa do aluno nº 23, classificando as outras substâncias presentes na água como “poluição” pode se referir ou a um tratamento mal feito, ou à questão da fonte ser um poço “caseiro”, como já descrito acima.

O aluno nº 16 mostra uma grande confusão com o conceito de substância ao dizer que a água é formada por uma reação de substâncias simples; parece que uma substância composta não pode ser pura, segundo sua aceção.

Também grave é a afirmação do aluno nº 19 de que se precisa melhorar a fórmula da água para esta se tornar cristalina; uma grande quantidade de conceitos equivocados foi expressa nesta frase simples.

A questão três trata de como os alunos classificam a água consumida por suas famílias. Nesta questão, como citado previamente no início deste capítulo, impôs-se uma categorização *a priori* nas respostas dos alunos, pois foi solicitado que eles classificassem a água consumida nas seguintes categorias: Ótima para o consumo; Boa para o consumo; Razoável para o consumo e Imprópria para o consumo. Adicionalmente, solicitamos que os alunos justificassem a sua classificação, o que gerou uma categorização *a posteriori*, conforme indicado no Quadro 3.

Quadro 4 - Análise das respostas a questão nº 3 sobre a qualidade da água de consumida em sua residência.

Questão 3 - Como você considera a qualidade da água que é utilizada para consumo em sua residência? Justifique a sua resposta.	
Categorias	Respostas (indicação dos alunos)
(1) Resposta razoável com justificativa em função do tratamento da água	(01) - <i>Razoável para o consumo. Em minha residência água tem gosto muito forte de cloro e seu cheiro é muito forte também de cloro.</i> (03) - <i>Razoável para o consumo. Porque nas estações de tratamento são colocadas substâncias, que muitos desconhecem, para tratar a água (cheiro de cloro inclusive é forte).</i> (15) - <i>Razoável para o consumo. Pois ela não é pura, apresentando às vezes substâncias prejudiciais a saúde.</i> (16) - <i>Razoável para o consumo. Porque a água que consumimos tem cloro e sujeira.</i> (17) - <i>Razoável para o consumo. Eu acho que é razoável porque vem da encanação da rua e é cheia de cloro.</i> (19) - <i>Razoável para o consumo. Porque muitas vezes vem suja.</i> (28) - <i>Razoável para o consumo. Apesar de todas as contaminações é usada muitos produtos para deixar mais limpa.</i>
(2) Resposta razoável sem justificativa.	(12; 22) <i>Razoável para o consumo.</i> .
(3) Resposta ótima sem justificativa.	(18; 21; 27) <i>Ótima para o consumo.</i>
(4) Resposta boa sem justificativa.	(02; 04; 05; 06; 09; 10; 11; 13; 14; 20; 23; 24; 25; 29; 31) <i>Boa para o consumo.</i>
(5) Resposta imprópria para o consumo sem justificativa	(07; 30) <i>Imprópria para o consumo.</i>
(6) incoerente	(08) <i>Razoável e imprópria para o consumo.</i>

A análise do Quadro 3 indica que a grande maioria dos alunos (24 de 31 alunos) não justificou sua resposta (categorias 2, 3, 4, 5 e 6). Pode-se pensar que as palavras boa, razoável, etc., utilizadas na questão, não definem parâmetros de comparação quantitativos, e, assim, podem ter provocado dúvidas que culminaram nesse resultado. Contudo, deve-se observar que

essas palavras são as usadas no dia-a-dia das pessoas e esperava-se que os alunos se posicionassem frente a elas.

Continuando a análise deste quadro, observa-se que 16 alunos optaram pela alternativa BOA PARA O CONSUMO, mesmo sem apresentar justificativas. Se compararmos as respostas desses alunos com suas respostas à questão dois (A água que consumimos é uma substância pura? Justifique a sua resposta.), podemos verificar que quinze deles responderam que a água consumida não é pura: os alunos de nº 13, 20 e 24 não justificaram a resposta; os alunos de nº 02, 04, 05, 06, 09, 10, 11, 14, 29 e 31 justificaram com base no tratamento da água; os alunos de nº 23 e 25 justificaram suas respostas sem relacionar com o tratamento da água e, enfim, o aluno nº 26 respondeu que não sabia.

Assim, parece-nos que a dúvida entre ter apontado anteriormente que a água consumida não é pura e a avaliação que ela é boa para consumo pode ser, pelo menos em parte, a responsável pelas respostas sem justificativas à questão três. Em continuidade à análise da questão 3 (Como você considera a qualidade da água que é utilizada para consumo em sua residência? Justifique a sua resposta.), o Quadro 3 apresenta todas as respostas “RAZOÁVEL” que apresentaram justificativas.

A análise do Quadro 3 mostra que os alunos classificaram a água que consomem como razoável devido à presença de outras substâncias, principalmente cloro. Comparando-se essas respostas dos alunos com as suas respostas para a questão dois, podemos observar que para os alunos de nº 1, 3, 15 e 28 existe coerência entre elas. O aluno de nº 17 respondeu que não sabia a questão dois. Os alunos de nº 16 e 19 deram justificativas absurdas para a questão dois.

Apresenta-se no Quadro 4 as categorias atribuídas às respostas da questão 4, a qual investiga a descrição do caminho percorrido pela água destinada ao consumo de cada aluno, desde a sua captação ao seu descarte final.

A análise do Quadro 4 indica que aproximadamente a metade dos alunos não sabe descrever como a água consumida chega à sua casa. É importante ressaltar que esses alunos criticaram o processo de tratamento da água, classificaram-na quanto à sua qualidade e, ainda assim, declararam não saber responder a esta questão.

Esta análise, ainda mais que as descritas anteriormente, indica a grande dissociação entre os conteúdos estudados na escola e a vida dos alunos, no mesmo sentido apontado já apontados pelos PCN.

A análise do Quadro 4 indica que três alunos têm uma visão geral do processo de captação, tratamento, distribuição e descarte da água consumida. Pode-se, também, observar

algumas concepções erradas como, por exemplo, a questão das usinas hidrelétricas citada pelo aluno de nº 30.

Quadro 5- Análise das respostas a questão nº 4 sobre o caminho percorrido pela água destinada ao consumo de cada aluno.

Questão 4 - Descreva o "caminho" da água que chega até a sua casa. Considere inclusive o "caminho" da água já utilizada.	
Categoria	Respostas (aluno)
(1) Resposta mais adequada quanto ao percurso da água: desde a sua captação em rios, utilização e a sua destinação final.	(13) - <i>Tem água que vem do esgoto outras do rio, onde passa por usinas e passam por posses de limpeza. E aí as chega até a nossa casa e passa por tudo isso de novo.</i> (28) - <i>O caminho vem do rio e passa por todo o processo químico até chegar em minha casa. E a maioria das águas usadas vão para as fossas ou esgoto que na maioria das vezes não é tratada.</i> (30) - <i>A água vem dos rios e chega até usinas hidroelétricas que tratam essa água, depois disso passa por canos debaixo da terra até chegar nas casas, que usam a água para tudo, depois disso passa pelos canos de esgotos até chegar aos rio outra vez.</i>
(2) Resposta quanto ao percurso da água: desde a sua captação em rios e utilização nas residências.	(11) - <i>Do rio ela passa por filtrações e são adicionadas substâncias a ela, com o objetivo de limpar a água para assim chegar até as torneiras de nossas casas.</i> (12) - <i>Do rio passa por filtrações e é acrescentado cloro, ficam armazenadas em caixas e são enviadas através de canos para as casas.</i> (15) - <i>Ela vem do reservatório, passando por canos, tubos distribuídos na cidade. Desses canos, puxamos com outros canos próprios a água para a nossa casa, que leva a água ate a caixa de água que distribui para a casa. Para chega até o reservatório ela vem dos rios e passa por tratamentos</i> (22) - <i>Ela é retirada do rio, passa por tratamento e chega em casa por tubulações.</i>
(3) Resposta quanto ao percurso da água: presença da água a partir das estações de tratamento a sua destinação final.	(01) - <i>Ela sai do reservatório vai para vários canos chega a casa. Vai para a caixa de água e é utilizada. Via para fossa, no meu bairro não tem rede de esgoto.</i> (03) - <i>Ela vem das estações de tratamentos a "Águas Guarirobas" passa pelos encanamentos e chega em casa. A água já usada vai para a rede de esgoto.</i> (10) - <i>Ela vem da usina que abastece a cidade, que logo abastece a minha casa.</i> (14) - <i>A água passa por um purificador, onde existem componentes químicos que a limpam e vão para as usinas e chegam as nossas casas por meio de canos embutidos.</i> (16) - <i>A água faz vários processos de limpagem e depois vai nos canos até chegar na casa.</i> (21) - <i>Ela vem da estação de "Águas guarirobas" e vem em canos prontos para o consumo, depois vai para o esgoto indo para a estação de tratamento.</i> (29) - <i>Ela passa por uma rede de tratamento e vem por redes de canos até a minha casa.</i>
(4) Respostas que envolvem o percurso da água através da sua retirada em poços semi-artesianos.	(18) - <i>A água da minha casa é de poço semi-artesianos. Portanto, há apenas um simples caminho. Ligamos o motor, o motor já é colocado no fundo da terra, e levamos a mangueira até a caixa de água, encaixamos e deixamos encher.</i> (20) - <i>A água vem do lençol freático, sobe pelo poço, passa pela bomba, que joga água fora pelo cano que chega até a caixa de água.</i>
(5) Não sei, não lembro, não responderam	(02; 05; 09) <i>não responderam.</i> (06; 17; 19; 23; 24; 25; 26; 27; 31) <i>Não sei.</i>

Para a categoria 2, estão relacionadas as respostas, nas quais os alunos descrevem o percurso da água desde a sua captação em rios à sua utilização residencial, as respostas

obtidas neste momento apresentam semelhanças em relação às respostas da categoria 1. Entretanto, na presente categoria os alunos destacam a captação da água em rios, os processos de purificação em estações e o destino as suas casas através de encanamentos, porém não mencionam os descartes adequados para os resíduos gerados em função do seu uso (uso de esgoto ou fossa).

Na categoria 3 sete alunos responderam à questão relatando que a água sai diretamente dos reservatórios presentes nas estações de tratamento ou da própria estação de tratamento para as suas residências, onde ela passa por vários processos de purificação e na sequência é destinada às suas casas, através de um sistema de encanamentos. Em algumas respostas observa-se que certos alunos fazem confusão entre estação de tratamento e usinas, o que acabam considerando como se fosse a mesma coisa.

As respostas obtidas nesta categoria não destacam a captação inicial da água em rios, nem indicam o seu destino após o uso.

Na categoria 4, destacam-se duas respostas fora do contexto proposto como base da explicação do percurso da água pela professora-pesquisadora. Dois alunos mencionaram que a água usada em sua casa, para consumo e atividades domésticas, é captada através do lençol freático por meio de um poço artesiano situado na própria residência.

Os estudantes nesta categoria só fazem a descrição da captação da água subterrânea não descrevendo o destino da mesma após seu uso.

A questão 5 versou sobre a questão do “oxigênio dissolvido”. Não se esperava, ao propor esta questão, que muitos alunos a respondessem corretamente, uma vez que não se trata desse assunto em séries anteriores. No entanto, de acordo com referencial teórico adotado neste trabalho, é importante conhecer quais as ideias prévias dos alunos (se houverem), mesmo que sejam suposições ou interpretações pessoais das palavras. O Quadro 5 apresenta as categorias atribuídas às respostas desta questão.

A análise do Quadro 5 indica que, como esperado, nenhum dos alunos sabe o significado do termo, mas alguns expressaram o que imaginaram. Assim, o aluno nº 14, único a ser enquadrado na categoria 1, mostra uma concepção errada, imaginando reação química com formação de água oxigenada. As respostas de quatro dos alunos da categoria 2 referem-se às observações do cotidiano e a do aluno 22 que imagina se tratar de uma reação química.

Para a questão 6, que aborda o processo da auto-depuração em meios aquáticos, valem as mesmas considerações feitas acima com relação à questão 5 com relação às expectativas das respostas; o Quadro 6 apresenta as duas categorias atribuídas às respostas desta questão.

Quadro 6 - Análise das respostas a questão nº 5 sobre a questão do oxigênio dissolvido em meios aquáticos.

Questão 5 - O que você entende por oxigênio dissolvido na água?	
Categoria	Respostas (aluno)
(1) Resposta baseada na explicação das fórmulas moleculares.	(14) A água tem oxigênio, mas dissolvido a água terá um complexo maior de oxigênio. $H_2O + O = H_2O_2$.
(2) Respostas sem relacionar a fórmula molecular.	(09) São bolhas na água. (19) Que forma um CO_2 . (22) Uma reação química (27) É para ela ficar mais pura. (29) Sorrisal.
(3) Não sei, Não me recordo, Nunca ouvi falar, Não entendo, nada;	(01; 0203; 04; 05; 06; 07; 08; 10; 11; 12; 13; 15; 16; 17; 18; 20; 21; 23; 24; 25; 28; 30; 31).

A análise do quadro acima indica que somente seis dos alunos responderam a questão, dos quais apenas três deram respostas que se aproximaram da resposta correta, como se discutirá a seguir.

Inicialmente, observamos que os alunos de nº 14, 18 e 21 inferiram que se trata de um processo de limpeza; erraram ao considerar que se trata de uma ação humana e não um processo natural. Os outros três alunos deram respostas sem sentido.

De modo geral, durante o período utilizado para responder as questões, observou-se que inicialmente alguns alunos ficaram apreensivos e com dúvidas referentes às questões, insistindo para que as professoras os ajudassem. Ao final, observou-se que uma minoria dos estudantes entregou os questionários com algumas questões em branco, justificando falta de conhecimento sobre o assunto.

Deve-se salientar que as questões despertaram o interesse dos alunos e muitos insistiram em querer saber as respostas corretas, para verificar se haviam acertado ou se suas respostas apresentavam-se próximas das respostas esperadas.

Quadro 7 - Análise das respostas a questão nº 6 sobre o processo de autodepuração em meios aquáticos.

Questão 6 - Você já leu ou ouviu falar alguma coisa sobre autodepuração dos rios? Descreva o que você ouviu ou leu.	
Categoria	Respostas (indicação dos alunos)
(1) Respostas relacionadas a limpeza ou purificação da água	(5) - <i>Sim, que a vigilância sanitária é que realiza este processo.</i> (7) - <i>Não. Mas acredito que seja um tratamento que as águas dos rios tenham que passar. Um processo de limpeza – autodepuração.</i> (14) - <i>Processo.</i> (18) - <i>Autodepuração – nunca ouvi falar. Mas acredito que seja um processo que as águas dos rios passam para uma limpeza, não tenho certeza.</i> (21) - <i>Já ouvi falar sobre esse assunto, mas não me aprofundei em autodepuração. Na reportagem que li dizia que autodepuração é um processo no qual trata água poluída e deixa ela limpa.</i> (29) - <i>Sim, acho que é uma máquina usada para extrair areia e ouro</i>
(2) Não sei, Não me recordo, Nunca ouvi falar, Não entendo, <i>Não tenho nada para dizer.</i>	(01; 02; 03; 04; 06; 08; 09; 10; 11; 12; 13; 15; 16; 17; 19; 20; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 30; 31).

De forma a reverter este contexto, é necessário que os alunos sejam postos frente às situações que lhe proporcionem o contato com as informações adequadas, do ponto de vista científico, para que aos poucos ou sequencialmente estas informações se tornem mais relevantes e substituam as informações inadequadas que os estudantes já possuem, estabelecendo desta forma subsunçores que servirão para as ancoragens posteriores.

Nessa perspectiva, as informações parcialmente adequadas ou inadequadas, ou ainda os raros subsunçores obtidos no questionário, foram empregadas para o planejamento e o desenvolvimento das estratégias didáticas presentes em nossa proposta de trabalho, proporcionando uma futura visão da interação entre as novas ideias a serem apresentadas e as já pré-existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, que favorecerão o processo de aprendizagem significativa.

5.2 - Atividades práticas sobre cinética química em sala de aula.

Tempo utilizado: Uma aula de 50 minutos

A aula destinada à realização desta etapa do projeto consistiu na organização dos alunos em grupos de três ou quatro, para o desenvolvimento de práticas simples e rápidas referente ao conteúdo de cinética química.

Durante a semana foram repassados a cada equipe os materiais domésticos necessários para o desenvolvimento das atividades, bem como o roteiro da prática (apêndice D), para que cada integrante buscasse algumas informações importantes sobre o conteúdo e sobre a prática a ser realizada.

Antes de iniciar a primeira atividade, foram repassadas aos alunos algumas regras de segurança e como a aula seria desenvolvida. As observações sobre os experimentos foram registrados pelos alunos para futuras comparações, discussões e conclusões sobre o conteúdo a ser apresentado.

Inicialmente, os alunos foram indagados pela professora-pesquisadora sobre a diferença entre uma transformação física e uma transformação química, e após os comentários a professora lembrou aos alunos a definição e a diferença entre os dois tipos de transformação, utilizando como exemplo a queima de uma vela.

Mediante esta simples demonstração, os alunos relacionaram a fusão do material sólido com situações semelhantes já apresentadas no conteúdo de termoquímica. Os alunos lembraram a explicação dos conceitos de absorção e liberação de calor envolvido nas transformações quando a professora-pesquisadora associou o termo “energia” aos fenômenos físicos denominados, também, mudança de estados de agregação da matéria. Para tanto, alguns alunos ainda destacaram outros exemplos diários para complementarem o entendimento dos fenômenos físicos, como a vaporização.

Para explicar este assunto, a professora-pesquisadora utilizou o quadro para comentar alguns fatores responsáveis pela ocorrência das reações, destacando a afinidade e o contato entre os reagentes.

Dando continuidade às atividades, testaram-se dois fatores que influenciam a velocidade das reações químicas, a temperatura e a superfície de contato. Inicialmente, cada grupo acrescentou em dois copos transparentes, um pouco de água gelada e água a temperatura ambiente, colocou-se ao mesmo tempo, em cada copo, um comprimido efervescente. Na sequência, utilizando dois comprimidos efervescentes, um inteiro e outro triturado, os alunos os adicionaram em dois copos distintos contendo água a temperatura ambiente. Após os dois procedimentos, os alunos relataram qual foi a situação em que a reação química se processou mais rápido.

Segundo o relato dos alunos, as reações químicas que se desencadearam em um menor intervalo de tempo, foram realizadas em água a temperatura ambiente e com o comprimido triturado. Para a primeira situação, os alunos arriscaram suas explicações pautadas em alguns conceitos vistos nas propriedades coligativas, como o caso da movimentação das moléculas de qualquer líquido quando submetidos ao aumento da temperatura do meio.

5.3 - Terceira etapa: Aula expositiva dialogada sobre o conteúdo de cinética química.

Tempo utilizado: Duas aulas de 50 minutos

Antes de organizar, formular e ministrar as aulas sobre o conteúdo teórico de cinética química proposto pela grade curricular da escola, a professora analisou todas as respostas dos questionários aplicados na primeira etapa do projeto, para identificar os conhecimentos prévios dos alunos. As respostas obtidas no roteiro da atividade prática de sala de aula também foram analisadas, com o intuito de verificar a organização dos novos conceitos químicos a serem estudados em sala.

Na primeira aula expositiva destacaram-se no quadro alguns conceitos mencionados na aula anterior como: temperatura, velocidade, transformações físicas e químicas. Na sequência, definiu-se o conteúdo de cinética química enfatizando alguns conceitos fundamentais desse estudo, iniciando com o aprofundamento do conceito das *velocidades* das reações químicas.

Dando continuidade a aula, trabalhou-se com os alunos o “como” as reações ocorrem, apresentando as duas condições fundamentais para este fato: o *contato* entre os reagentes e a *afinidade química* que as substâncias devem apresentar, ou seja, a tendência natural para reagir.

Fundamentado nas duas condições descritas a cima, explicou-se a teoria das colisões, a formação do complexo ativado, energia de ativação e otimização dos catalisadores, através do uso de uma demonstração prática simples. Para tanto, escreveu-se no quadro a reação de formação do ácido clorídrico, utilizando-se uma garrafa plástica transparente de cinco litros, pintou-se trinta e duas bolinhas de isopor, dezesseis bolinhas foram pintadas de verde, para representar os átomos de hidrogênio, e dezesseis de rosa, para representar os átomos de cloro. Fixaram-se as bolinhas da mesma cor para representar as moléculas de H_2 e Cl_2 e, em seguida, introduziu-as no interior da garrafa.

Realizado o procedimento descrito acima, a professora-pesquisadora, agitou vigorosamente a garrafa. Após a agitação do recipiente, retirou-se todas as bolinhas e em

conjunto com os alunos e verificou quantas “*moléculas*” haviam sido rompidas e quantas permaneceram unidas. Partindo desta exemplificação, discutiu-se com os alunos a questão das colisões das moléculas durante uma reação química e a formação do complexo ativado (colisões efetivas e não efetivas).

No final da aula foi entregue a cada aluno uma cópia do texto “*Poluição vs. Tratamento de água: duas faces da mesma moeda*”, retirado da revista Química Nova na Escola, para a leitura e discussão do assunto na próxima aula.

5.4 - Quarta etapa: Aula expositiva dialogada sobre reação de primeira e segunda ordem e autodepuração.

Tempo utilizado: Duas aulas de 50 minutos

Estas duas aulas foram divididas em duas etapas, a primeira aula foi realizada em sala, com a utilização de quadro, giz e livro didático. Mediante a explicação dos conceitos fundamentais do conteúdo de cinética química e da teoria das colisões realizadas nas aulas anteriores, deu-se prosseguimento à discussão da teoria do conteúdo químico direcionado ao tratamento do efeito da concentração dos reagentes, mecanismo e ordem das reações.

A segunda aula foi desenvolvida na sala de tecnologia da escola, ela se constituiu a partir da apresentação do tema de autodepuração da água, a qual foi exposta por meio de slides, a fim de se discutir a questão da substância água e seu tratamento, oxigênio dissolvido em meios aquáticos e o processo e as etapas da autodepuração. Os slides utilizados nessa apresentação encontram-se no CD-ROM anexo a esta dissertação.

5.5 - Quinta etapa: Aula experimental: Determinação do oxigênio dissolvido na água por meio do método de Winkler.

Tempo utilizado: três aulas de 50 minutos

A sala foi organizada em quatro grupos, onde cada grupo possuía por volta de cinco alunos.

Inicialmente, foi entregue o roteiro da aula experimental aos grupos para uma breve leitura e discussão, três cópias para cada equipe. Em seguida, a professora comentou sobre as normas de segurança, apresentou todos os materiais, vidrarias e as soluções preparadas que seriam utilizados no experimento. No quadro negro foi descrito um fluxograma, o qual tinha

como objetivo informar os alunos como seria realizada a aula e ainda relembrar o processo de titulação estudado e a questão do oxigênio dissolvido na água debatido nas aulas anteriores.

A primeira titulação foi realizada pela professora, com o intuito de explicar passo a passo o processo de titulação, comentando a formação de precipitados, mudanças de colorações nas soluções, descartes dos resíduos e cuidados no manuseio dos reagentes, (principalmente dos ácidos). O volume gasto nesta titulação foi de 5,7 ml de solução.

Após o término da titulação, realizada como referência pela professora-pesquisadora, uma aluna de um dos grupos se dispôs a realizar o mesmo procedimento, os demais integrantes aproximaram-se para observar e anotar algumas informações relevantes para o futuro relatório a ser desenvolvido como forma de avaliação.

Um integrante da equipe lia o roteiro pausadamente, para maior segurança no procedimento a ser realizado, e a aluna indicada realizava a atividade proposta manuseando os equipamentos e as soluções cuidadosamente ao lado da professora-pesquisadora. O volume gasto nesta segunda titulação foi de 6,7 ml de solução.

Dando continuidade a esta atividade, os demais grupos seguiram a mesma sequência do primeiro grupo, e os volumes gastos nas titulações foram: segundo grupo 7,2 mL, terceiro grupo 6,5 mL e o último grupo 6,0 mL.

5.6 - Sexta etapa: Avaliação

5.6.1- Prova

Tempo utilizado: Uma aula de 50 minutos

Após o término das aulas teóricas e da atividade experimental foi aplicada uma avaliação, momento final do presente projeto, para verificar se houve ou não aprendizagem dos conteúdos específicos sobre cinética química e os temas abordados, como o processo de autodepuração, oxigênio dissolvido e reações de primeira ordem.

Para o desenvolvimento desta etapa utilizou-se duas aulas, na qual os alunos receberam individualmente uma avaliação contendo sete questões sobre os assuntos discutidos em sala de aula. Inicialmente, a professora fez alguns comentários básicos referentes à prova, sem intenção de induzir as respostas. Estavam presentes no dia da avaliação 30 alunos.

A seguir, encontram-se as questões da avaliação e os comentários relacionados às respostas fornecidas pelos alunos. O questionário encontra-se no apêndice E e o quadro 7 apresenta as respostas esperadas para cada questão.

Questão 1- (Unicamp-SP) “Os peixes estão morrendo porque a água do rio está sem oxigênio, mas nos trechos de maior correnteza a quantidade de oxigênio aumenta”. Ao ouvir esta informação de um técnico do ambiente, um estudante que passava pela margem do rio ficou confuso e fez a seguinte reflexão: “Estou vendo a água do rio e sei que água contém, em suas moléculas, oxigênio; então como pode ter acabado o oxigênio do rio?”.

- a) Escreva as fórmulas das substâncias mencionadas pelo técnico.
- b) Qual é a confusão cometida pelo estudante em sua reflexão?

Neste primeiro momento da avaliação para a alternativa (a), observa-se que a maioria dos alunos, (18 alunos), descreveram corretamente as fórmulas sugeridas segundo a interpretação do enunciado do exercício, água (H_2O) e o gás oxigênio (O_2). Entretanto, o restante dos alunos só mencionou uma das fórmulas, (5 alunos) para a fórmula da água, H_2O , e (7 alunos) para a fórmula do gás oxigênio O_2 .

Observou-se que durante as aulas de química, quando se trabalha ou se menciona as fórmulas moleculares das substâncias, os alunos apresentam dificuldade em recordar ou, às vezes, confundem-se entre o símbolo do elemento químico e a fórmula molecular da substância em questão. Como exemplo, O e O_2 , para muitos, as representações são as mesmas, as duas são consideradas como oxigênio, devido ao símbolo e ao nome retirado da tabela periódica, alguns alunos não conseguem perceber a diferença entre as quantidades de átomos presente na segunda fórmula (O_2) e as possíveis ligações químicas envolvidas para a formação do gás.

Para a alternativa (b) da mesma questão, constatou-se que uma pequena parcela de alunos, (4 alunos) não respondeu à questão. Na sequência, verifica-se que alguns (9 alunos) tentaram responder a questão, mas não alcançaram uma resposta coerente, devido à não compreensão ou falta de interpretação adequada do enunciado da questão. Observa-se que estes transcreveram algumas informações com significados distantes e confusos da resposta correta e outros mencionaram as fórmulas descritas na alternativa (a) da mesma questão.

- O oxigênio não pode ter acabado.

-Os peixes estão morrendo na área de degradação da água, mas na correnteza a quantidade de oxigênio aumenta, pois a água está mais numa área de recuperação.

- O rio está sem oxigênio.

-É por causa do oxigênio dissolvido.

Uma boa parcela dos alunos (10 alunos) conseguiu responder esta questão de uma maneira correta, onde associaram suas respostas com uma interpretação mais coerente do

enunciado da questão e aos conteúdos discutidos em uma das primeiras aulas sobre o tema de autodepuração e a questão do oxigênio dissolvido na água.

-Ele achou que não faltava oxigênio na água por ter em sua fórmula o símbolo do oxigênio, porém, o que falta é o oxigênio dissolvido na água.

- A confusão é que H_2O e O_2 são diferentes, e na água (H_2O) tem a presença de um átomo de oxigênio que é diferente do O_2 (gás oxigênio) que nós respiramos.

-Fez uma confusão com o oxigênio dissolvido e oxigênio contido na fórmula da água.

- Ele confundiu a formula H_2O , que contem oxigênio, com o oxigênio dissolvido, $O_{2(aq)}$

-Ele confundiu o oxigênio dissolvido com a fórmula da água.

- Confunde o oxigênio da água com o oxigênio dissolvido.

-Ele confundiu o oxigênio dissolvido com o oxigênio da água.

Já parte dos estudantes (7 alunos) fez confusão em relação à interpretação das informações desta questão, ou seja, pode-se considerá-las como respostas parcialmente corretas, pois estes escreveram suas respostas de uma forma muito direta, como se tais alunos compreendessem o que foi pedido, mas não conseguiram transpor com palavras adequadas esta situação.

- A confusão cometida foi devido o oxigênio dissolvido na água.

- Ele disse: que na água molécula continha em suas moléculas oxigênio.

- Não é que acabou o oxigênio do rio, é que nas áreas de esgoto e poluição aquáticas o oxigênio fica escasso.

- A confusão foi a que H_2O é somente água, e O_2 é oxigênio, por isso a confusão entre H_2O e O_2 .

Algumas respostas inadequadas obtidas pelos alunos mostram que ocorreu aprendizagem, os alunos que demonstraram estas ideias não conseguiram apresentar uma conexão adequada frente aos novos conhecimentos apreendidos, ou resistem ainda a uma mudança, pois insistem em utilizar seus conhecimentos iniciais ou alternativos e que não são tão simples de serem deixado de lado.

Ao relacionar estas respostas àquelas obtidas no questionário inicial de sondagem, observa-se que muitos alunos progrediram em relação à identificação das fórmulas químicas das substâncias, esta evolução se deu após as aulas teóricas envolvendo a explicação da teoria das colisões e a apresentação da atividade experimental.

Questão 2- (Olimpíadas de Química-BA) Água de torneira contém gás oxigênio dissolvido, que é representado como O_2 (aq). Ao aquecer essa água o gás escapa. A equação abaixo representa esse fato:



a) Essa equação representa um fenômeno químico ou um fenômeno físico. Explique.

Alguns alunos afirmaram que a equação se trata de uma transformação química (9 alunos), devido à associação ou confusão entre a disposição das substâncias na equação, ou seja, parte dos alunos imaginam que uma reação química “*é uma representação que contém uma seta*”, onde antes da seta, encontram-se os reagentes e depois da seta estão os produtos; estes últimos sempre são novas substâncias formadas devido à transformação da matéria.

Em relação a estes estudantes, constatou-se respostas com justificativas direcionadas à formação de novas substâncias, o que não é correto, pois as fórmulas anteriores e posteriores à seta representam as mesmas substâncias, o que é bem nítido na equação, ocorrendo apenas uma mudança de estado físico na matéria.

Para uma boa parcela dos estudantes (11 alunos) a equação química apresentada na questão se trata um fenômeno físico, porém nenhum aluno desta amostragem se arriscou em justificar a sua resposta.

Na sequência, os alunos restantes (10 alunos) responderam que a equação química representa um fenômeno físico e justificaram suas respostas a partir do simples fato de se tratar de uma mudança de estado físico da matéria, o que é verificado quando se observa o estado de agregação de cada substância presente na equação química. Outros alunos mencionaram que não ocorreram alterações nas substâncias, ou não se originaram novos compostos, ou seja, afirmam que antes e depois da seta há a presença de H_2O e O_2 .

-Fenômeno físico, pois passa do líquido para o estado gasoso. A água entra em ebulição, o gás escapa gasoso.

- Físico porque passou de um estado líquido para gasoso.

- $H_2O_{(l)} + O_{2(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$ é um fenômeno físico por que é uma mudança de estado.

- Físico. Porque houve apenas mudança de estado, sem alteração na fórmula.

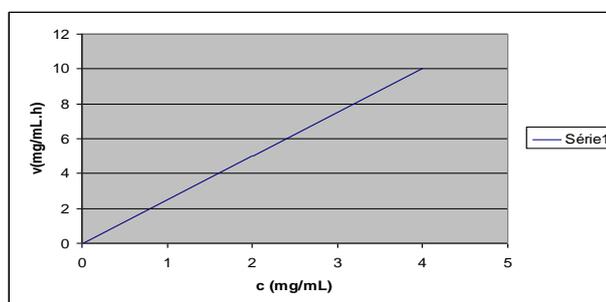
-A equação representa um fenômeno físico, pois a liberação do gás é vapor e a mudança de estado da água é um processo físico.

Quanto à colocação do fenômeno correto e/ ou do fenômeno e da justificativa correta, observa-se que muitos alunos os descreveram da maneira pela qual lhes foi apresentado e

discutido no experimento da queima de uma vela, atividade desenvolvida no segundo momento da pesquisa.

Observa-se neste momento que, embora alguns alunos tenham acertado a resposta, nenhum assimilou suas respostas às novas informações apresentadas nas aulas anteriores, principalmente na aula experimental sobre a dissolução dos gases em líquidos; nesse caso, o gás oxigênio em água. Suas respostas continuaram mediadas pelas ideias já estabelecidas em função da aprendizagem dos fenômenos físicos e químicos de anos anteriores.

Questão 03 - (EEM-SP) O valor absoluto da velocidade de decomposição (v) de uma substância em solução aquosa varia com a concentração (c) dessa substância, como indica a figura:



a) Qual é o valor da constante de velocidade dessa reação?

OBS:

Considere a reação da substância mencionada como sendo

“A \longrightarrow Decomposição”

Os valores de v e de $[A]$ saem do gráfico e com eles resolvemos o problema.

Para esta questão, observa-se que a maioria dos alunos (25 alunos) conseguiu retirar corretamente os dados do gráfico, distribuí-los na fórmula e resolver as operações básicas de matemática. Entretanto, os erros cometidos pelo restante dos alunos (5 alunos) foram detectados na hora de lançar os dados retirados do gráfico na fórmula da velocidade; neste momento, pôde-se verificar uma inversão de dados no momento de realizar a divisão, obtendo-se um valor como resposta de $0,4 \text{ h}^{-1}$ para a constante K .

Observa-se, também, que para os alunos que não acertaram a questão, faltou a atenção para resolução e noção de matemática básica, sendo este um fator problema que dificulta a aprendizagem.

Questão 04 - (Unicamp-SP) A quantidade de gás oxigênio dissolvido na água pode ser monitorada através de um teste químico, em que, inicialmente, faz-se o seguinte: a uma amostra de 5 mL de água do aquário, adicionam-se 2 gotas de solução de Mn^{2+} e 2 gotas de uma solução de I^- (em meio básico), agitando-se a mistura. Na sequência, adiciona-se uma

solução para tornar o meio ácido e agita-se a mistura resultante. Sabe-se que em meio básico, o íon Mn^{2+} se transforma em Mn^{4+} ao reagir com o oxigênio dissolvido na água. Em meio ácido, o Mn^{4+} da reação anterior reage com o I^- , produzindo I_2 e Mn^{2+} . Quando não há oxigênio dissolvido, as reações anteriormente descritas não ocorrem.

Dados:

Espécie química em solução	Mn^{2+}	Mn^{4+}	I^-	I_2
Cor	Rosa claro	Preto	Incolor	Castanho escuro

a) Correlacione a presença ou a ausência de oxigênio dissolvido com a coloração (clara/escura) do teste. Justifique sua resposta, indicando a espécie responsável pela coloração em cada caso.

Destacam-se nesta questão, uma parcela mínima de respostas coerentes com o que foi pedido, entre os todos os alunos da sala (3 alunos). Como respostas mais coerentes a questão encontramos:

- Rosa claro e castanho escuro = presença de oxigênio dissolvido. Em meio ácido, o Mn^{4+} (preto) reage com o I^- (incolor) produzindo I_2 e Mn^{2+} . No caso da rosa claro a espécie responsável é o Mn^{4+} , e no caso do castanho escuro é o I^- devido ao iodo.

-Em meio básico, o íon Mn^{2+} se transforma em Mn^{4+} ao reagir com o oxigênio dissolvido na água, e em meio ácido o Mn^{4+} da reação anterior reage com o I^- produzindo I_2 e Mn^{2+} . Quando não há oxigênio dissolvido, as reações anteriores não ocorrem por falta de oxigênio.

-Quando a coloração for escura há oxigênio dissolvido, porque o íon Mn^{2+} reage com o oxigênio dissolvido na água e se transforma em Mn^{4+} , o que muda a coloração escura. Mas se a coloração for clara (rosa claro) significa que não há oxigênio dissolvido na água por que não há com que o Mn^{2+} reaja.

Estas respostas foram dadas por duas alunas, ambas integrantes da equipe que entregaram os relatórios “mais coerentes” da sala. A outra aluna não era integrante desta equipe, porém é uma aluna muito dedicada. Durante a análise das questões, notou-se que estas alunas conseguiram detectar no enunciado da própria questão a resposta, bem como no relatório que fizeram, já que este se fundamentou nesta situação.

Metade da sala não respondeu a questão (15 alunos). Observa-se, assim, que não conseguiu interpretar nenhuma informação presente no enunciado ou relacionar o fato com a experiência realizada em aulas anteriores. Muitos alegaram, durante a realização da prova, que não haviam entendido a questão, embora relatassem que eram as mesmas informações contidas no relatório e na explicação da aula experimental sobre o oxigênio dissolvido.

Outra classe de respostas adquiridas nesta questão (12 alunos) foi o caso de respostas incompletas ou confusas durante a transcrição das informações, onde estes estudantes quase alcançaram uma resposta adequada. A confusão observada direcionou-se a tentativa de transpor as informações retiradas do enunciado e a inversão na ordem das cores, a que se deve à enorme dificuldade que os alunos apresentam em relação à interpretação.

-Rosa claro: tem oxigênio dissolvido, por causa do íon Mn^{2+} Castanho escuro: não tem a presença do oxigênio por causa do I_2 .

- Em meio básico na cor clara não há O_2 dissolvido. I I_2 .

- Em cor escura com os reagentes, a presença de oxigênio dissolvido Mn^{2+} Mn^{4+} :

- Em meio ácido, o Mn^{4+} da reação anterior reage com I , produzindo I_2 e Mn^{2+}

- O Mn^{4+} substitui o oxigênio e quando reage com Mn^{2+} , fica rosa claro, e quando reage com I_2 fica castanho escuro.

- Adicionando 2 gotas de solução Mn^{2+} e 2 gotas de solução de solução de I , fica rosa claro. O Mn^{4+} da reação anterior reage com o I , produzindo I_2 e Mn^{2+} fica castanho escuro.

Outro fator que influenciou a obtenção de respostas inadequadas a questão atribui-se à falta de dedicação para a realização do relatório da aula experimental. Durante a prova parte dos alunos comentavam em voz alta, que tal questão foi abordada na aula experimental e deveria ter sido discutida durante a descrição do relatório.

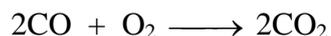
Questão 05- Quando a concentração do C_4H_9Br dobra a velocidade da reação:

$C_4H_9Br_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow C_4H_9OH_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$ aumenta duas vezes. Quando a concentração do C_4H_9Br e do OH^- dobra, o aumento da velocidade é o mesmo, isto é, duas vezes. Qual é a ordem para o reagente $C_4H_9Br_{(aq)}$?

A ordem de uma reação é dada pela soma dos expoentes aos quais estão elevadas as concentrações na fórmula da velocidade segundo a Lei da ação de massas. Segundo essa lei, a velocidade de uma reação, em um dado instante e a dada temperatura, é proporcional ao produto das concentrações em mols dos reagentes elevados a potências iguais aos respectivos coeficientes da equação química balanceada.

De acordo com a descrição acima, a reação química proposta é de primeira ordem, pois a concentração dos reagentes está elevada a potência número um. Para resolver esta questão não era necessário realizar nenhum tipo de cálculo, só interpretação da questão. A margem de acerto foi alta, 20 alunos.

Questão 6- Na reação a seguir:



Que se processa em uma única etapa, a constante de velocidade é igual a 0,8 L/mol.min. Quando as concentrações de CO e O₂, forem 3 e 1,5 mol/L qual será o valor da velocidade da reação?

Detecta-se, neste momento, que boa parcela dos alunos alcançou a resposta correta (24 alunos). O erro observado na avaliação corresponde a uma parcela inferior dos alunos (5 alunos) e esta se deu à dificuldade em resolver operações básicas de matemática. Esses estudantes retiraram e distribuíram os dados corretamente na fórmula, porém não realizaram as operações básicas de matemática. Um único aluno não respondeu a questão.

Questão 07- A figura a seguir (apêndice E) representa a simulação do processo natural de autodepuração dos rios. Utilizando seus conhecimentos sobre cinética química e as informações obtidas na última aula de química sobre o tema, esboce um pequeno texto que descreva corretamente este processo, explicando: a definição do mesmo, as zonas de autodepuração, gráficos envolvidos, relação entre a concentração do esgoto lançado e a distância percorrida pelas águas, etc.

Essa questão foi muito discutida no dia da aula realizada na sala de tecnologia, logo ao analisar as respostas constatou-se que a maioria dos estudantes (16 alunos) descreveu algo coerente sobre o tema, associou e descreveu com suas palavras cada região do gráfico em função da discussão feita na aula anterior. Observa-se que uma parte dos alunos da sala (8 alunos) conseguiu descrever passo a passo todas as regiões destacadas pelo gráfico, entretanto, uma parcela pequena (05 alunos) não respondeu nada afirmando falta de tempo.

Posteriormente, a análise das respostas obtidas na avaliação final, observa-se a existência de respostas inadequadas ou incoerentes mesmo após a utilização das diversas estratégias didáticas propostas na sequência didática. Entretanto, constatamos um progresso estimável na aquisição de novos conhecimentos em relação aos resultados proporcionados pelos estudantes no questionário inicial.

Esse avanço, em termos de aquisição de novos conhecimentos, pode ser atribuído às determinadas situações que contribuíram para uma possível aprendizagem significativa dos

conteúdos químicos, como a diversidade de atividades desenvolvidas na sequência e a apresentação de situações não usuais à rotina escolar.

O uso das diversas estratégias didáticas, contidas na proposta de trabalho, proporcionou o entendimento de novas informações ou ideias aos estudantes, a partir dos raros conceitos existentes na sua estrutura cognitiva. Os novos conceitos adquiridos foram detectados em função da participação ativa no processo de aprendizagem, questionamentos e esclarecimentos de dúvidas entre os alunos.

Quadro 8 - Respostas esperadas para as questões da avaliação

Respostas.
(a) $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ e $\text{O}_{2(g)}$ (b) O estudante pensou que os peixes respiravam o oxigênio da molécula de água, quando de fato, o oxigênio que respiram é o que se encontra dissolvido na água.
Questão 2 A equação representa um fenômeno físico. A presença de $\text{O}_{2(aq)}$ na água se deve em parte a dissolução do ar atmosférico para água. Como a solubilidade dos gases diminuem com a elevação da temperatura, ao aquecer esta água, o gás escapa novamente para a atmosfera. Logo, esta equação representa uma transformação física (apenas uma mudança de estado) não ocorrendo formação de novas substâncias.
Questão 3 $V = 10 \text{ mg/ mL} \cdot H$ $[A] = 4 \text{ mg/ mL}$ $V = K \cdot [A]$ $10 \text{ mg/ mL} \cdot h = K \cdot [4 \text{ mg/ mL}]$ $10 = 4h \cdot K$ $K = 10/4h$ $K = 2,5 \text{ h}^{-1}$
Questão 4 Na presença de a oxigênio dissolvido, o íon Mn^{2+} (coloração rosa claro) é oxidado a Mn^{4+} (coloração preto/escuro), na sequência com a acidificação do meio, o Mn^{4+} (coloração preto/ escuro) é reduzido a Mn^{2+} a custa da oxidação do íon I^- e do I_2 (coloração castanho escuro), o que confere a cor escura da solução. Então para detectar o oxigênio dissolvido as cores obedecem a sequência incolor- preto-castanho escuro. Na ausência de oxigênio dissolvido não ocorre às reações e o meio fica claro
Questão 5 $V = K [A] \cdot [B]$ $V = K [\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}]^{-1}$ Primeira ordem
Questão 6 $[B] = 1,5 \text{ mol/L}$ $V = ?$

[A] = 3 mol/L
 K = 0,8 mol/L.min
V = K. [A]. [B]
 V = K. [CO₂]². [O₂]¹
 V = 0,8. [3]². [1,5]¹
 V = 0,8. 9.1,5
 V = 10,8 mol/min.

Questão 7- Itens avaliados e presentes nos textos.

- processo natural de recuperação dos meios aquáticos após o recebimento de uma carga poluidora.
- processos físicos (diluição e sedimentação), químicos (oxidação) e biológicos.
- decomposição da matéria orgânica.
- decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido na água (problemática ambiental/ gráficos).
- explicação de todas as zonas de autodepuração.
- equação de primeira ordem relacionada ao tema.

5.6.2 – RELATÓRIO

Após o período estipulado, os alunos entregaram o relatório final para as possíveis correções, pois a nota obtida por meio dele seria usada como nota de avaliação para o fechamento do bimestre escolar.

De acordo com a análise dos relatórios realizados e entregues pelos estudantes, observou-se que poucos alunos se empenharam e trabalharam com os dados e as informações da aula experimental, de uma maneira coerente.

Inicialmente, quando se analisou a introdução deste, constatou-se que uma minoria descreveu algo relevante sobre o a aula desenvolvida, alguma coisa direcionada às substâncias usadas na experiência e as reações envolvidas. Já outros alunos nem apresentaram esta parte do relatório.

Quando propusemos esta atividade, imaginamos que não haveria problema de falta de informações sobre a forma correta de se escrever a introdução de um relatório, pois no primeiro bimestre, quando os mesmos alunos realizaram algumas práticas demonstrativas sobre o conteúdo de soluções, foram repassadas pela professora-pesquisadora todas as informações necessárias. Contudo, possivelmente as poucas vezes que esta habilidade foi exigida durante o ano letivo não foram suficientes para que os alunos adquirissem um bom domínio dela.

Prosseguindo a análise, constatou-se que a maioria dos estudantes relatou em seus procedimentos, ou desenvolvimentos como alguns apresentaram, todas as etapas realizadas,

de uma forma não tão clara, baseadas no roteiro. Indicaram os volumes gastos na sua respectiva titulação e apenas dois grupos de alunos apresentaram os cálculos que conduziam à determinação da quantidade de oxigênio dissolvido na amostra de água captada da torneira; os demais nem os mencionaram.

Em relação aos cálculos, dos dois grupos, verifica-se que não houve uma aprendizagem dos conceitos frente às operações matemáticas realizadas e às informações obtidas por meio do experimento. Nota-se, neste momento, que os alunos apenas seguiram as instruções de cálculos, da professora-pesquisadora, substituíram, na regra de três seus valores de titulação e indicaram o valor de concentração.

Apesar de não conseguirmos alcançar as relações esperadas sobre esta atividade do projeto, foi possível constatar que a atividade proposta apresentou um caráter motivacional aos alunos, pois era frequente ouvir e observar o entusiasmo dos alunos frente a todo o aparato e equipamentos utilizados, a presença real de algumas substâncias químicas que estes acreditavam só serem encontradas em laboratório, as mudanças de cores, das soluções, em função da adição dos reagentes, ao fato de se retirar água da própria escola para uma análise e verificar seu resultado. A demonstração, na qual houve uma alteração na mudança de cor, sobre a presença de oxigênio dissolvido na água foi muito comentada, pois, até o momento, alguns alunos ainda não acreditavam na possibilidade de haver algum gás dissolvido na água.

Os alunos também comentavam muito a respeito da importância do oxigênio dissolvido em meios aquáticos relacionado à sobrevivência dos peixes, e por meio da experiência (mudança da coloração da solução em função da presença de oxigênio), o associava a ilustração repassada na apresentação do processo de autodepuração, onde foi nítido a observação das regiões que apresentavam baixo índices de oxigênio dissolvidos.

6 - CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

Como relatado no capítulo anterior, não há dados que permitam concluir que houve aprendizagem significativa dos conteúdos por parte dos alunos, uma vez que o principal instrumento que foi utilizado para essa avaliação, o questionário, não foi respondido com o empenho esperado. Contudo, considerando minha experiência anterior como professora que já ministrou esse conteúdo, da forma tradicional, posso afirmar que o desempenho dos alunos nas questões das provas foi equivalente ao que os meus alunos obtiveram em anos anteriores, o que me permite concluir que, no mínimo, a sequência didática proposta foi tão eficiente quanto a apresentação tradicional.

Devo ressaltar o grande papel motivador que o desenvolvimento desse experimento em sala produziu nos alunos; muitos, de classes diferentes, perguntaram quando teriam uma aula igual àquela.

Também, devo salientar que o fato de termos analisado a água com a perspectiva da ciência permitiu que os alunos, pelo menos aparentemente, manifestassem opiniões com mais “profundidade” sobre questões de poluição das águas. Uso a palavra “profundidade” no sentido de que as frases sobre esse tema passaram a apresentar conceitos científicos pertinentes aos assuntos discutidos, indicando que, ao menos parcialmente, os objetivos da educação ambiental foram atingidos.

Além disso, ficou evidenciado a grande dificuldade de se trabalhar os conteúdos de cinética química pelo grande número de conceitos subsunçores necessários, muitos dos quais que não estavam presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Devo salientar que, coerentemente com o referencial teórico adotado, busquei suprir essas deficiências, ministrando novamente os conteúdos em aulas de revisão. Contudo, as avaliações indicam que muitos conceitos não foram assimilados.

Como produto dessa dissertação, apresento a própria sugestão da sequência didática com a utilização da equação de Street-Phelps para o desenvolvimento dos conteúdos de cinética, que a revisão da literatura mostrou ser inédita, e que permite trabalhar os valores preconizados pela educação ambiental.

Adicionalmente, visualizo o desenvolvimento e a avaliação de um hipertexto dirigido aos professores do ensino médio, que apresente de modo mais profundo os conceitos envolvidos nessa sequência didática, como uma importante perspectiva para trabalhos futuros.

7- REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.; NOVAK, J. P.; HENESIAN, H. **Psicologia Educacional**, 2ª Edição. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 3ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

AZEVEDO, E. B. Poluição vs. Tratamento de Água: duas faces da mesma moeda. **Química Nova na Escola**. n.10, p.21-25, novembro, 1999.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BERNARDO, L. D. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

BOGDAM, R. C.; BIKLEM, S. K. **Características da Investigação Qualitativa**. In. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução a teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994

COSTA, S. T.; ORNELAS, D. L.; GUIMARÃES, P. I. C.; MREÇON, F. A Corrosão na Abordagem da Cinética Química. **Química Nova na Escola**. n. 22, p.31-34, novembro, 2005.

COSTA, S. T.; ORNELAS, D. L.; GUIMARÃES, P. I. C.; Mreçon, F. Experimentação com alumínio. **Química Nova na Escola**. n. 23, p.38-40, maio, 2006.

FATARELI, E. F.; FERREIRA, L. N. A.; FERREIRA, J. Q.; QUEIROZ, S. L. Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw no Ensino de Cinética química. **Química Nova na Escola**. n.3, p.161-169, agosto, 2010.

FERREIRA, L. H.; ABREU, D. G.; IAMAMOTO, Y.; ANDRADE, J. F. Experimentação em Sala de aula e Meio Ambiente: Determinação Simples de Oxigênio Dissolvido em Águas. **Química Nova na Escola**. n. 19, p.32-35, maio, 2004.

FIORUCCI, A. R.; FILHO, e. B. A Importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. **Química Nova na Escola**. n. 22, p.10-16, novembro, 2005

JUSTI, R. S.; RUAS, R. M. Aprendizagem de química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento? **Química Nova na Escola**. n. 5, p.24-27, maio, 1997.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. **Química e Reações Químicas**. 4^a Edição Rio de Janeiro: LTC.,2002.

LEAL, C. M. **Didática da Química: fundamentos e práticas para o Ensino Médio**. 1^a Edição. Belo Horizonte: Dimensão, 2010

LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFILI, Z. M. S. A contextualização no Ensino de Cinética Química. Coleção Explorando o Ensino, Brasília. v.5, p.61-67, 2000.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MEC - Ministério da Educação-Secretaria da Educação - PCN's Parâmetros Curriculares Nacionais. (1999). Brasília.

MORADILLO, E. F., OKI, M. C. M. Educação Ambiental na universidade: construindo possibilidades. *Revista Química Nova*, V.27, nº 2, 2004,

MOREIA, K. C.; SOARES, M; ASSIS Jr. L. R; WIEZZE, A. C. S.; TEIXEIRA M. F., Soluções e a cinética química na experimentação para alunos do ensino médio. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV-ENEQ). Curitiba, Brasil. Retirado em 06/01/2009 no word wide web: http://www.furb.br/temp_sbqsul/_app/FILE_RESUMO_CD/648.pdf

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino de Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MORTIMER, E. F. O Significado das Fórmulas Químicas. Coleção explorando o ensino, Brasília. v.5, p.127-130, 2000.

NETZ, P. A.; ORTEGA, G. G. **Fundamentos de Físico-Química: Uma abordagem conceitual para as ciências farmacêutica**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PALMA-SILVA, G. M; et. al. Capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, SP, Brasil. HOLOS Environment, v.7, n.2, p.139-152. 2007.

<<http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos/article/>> Acesso em 28/08/08.

PEIXOTO, H. R. C; OLIVEIRA, A. R. Ácidos carboxílicos e sobrevivência: uma experiência de sala de aula. Química Nova na Escola, n.26, p. 21-24. nov. 2007.

PENTEADO, H. D. **Meio ambiente e formação de professores**. São Paulo: Cortez, 2000. (Coleção Questões da nova época v.38).

Portaria MS n. 1469. Ministério da Saúde, Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_1469.pdf. Acesso em 05/03/2011

Portaria MS n.518. Ministério da Saúde, Disponível em: http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf. Acesso em 05/03/2011

PRUST, E. R.; EISENBERG, R. J.; NICOLINI, K. P. *A construção de modelos macroscópicos experimentais para o ensino de cinética química*. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV-ENEQ). Curitiba, Brasil. Retirado em 06/01/2009 no word wide web:

http://www.furb.br/temp_sbqsul/app/FILE_RESUMO_CD/648.pdf

REIGOTA, M. **Meio ambiente e representação social**. São Paulo: Cortez. 1997.

REZZADORI, A. C. .D. B. CUNHA, M. B.. *Produção de um material didático: uma proposta para Química Ambiental*. Revista Varia Scientia, 2005, V.5, nº 9, p.177-188.

RIBEIRO, E. M. F.; MAIA, J. O.; WARTHA. E. J. As questões ambientais dos sabões e detergentes. **Química Nova na Escola**. n. 3, p.8-12 , agosto,2010.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ROSA, P. R. S.; A teoria cognitiva de David Ausubel. Instrumentação para o ensino de ciência. Disponível em: < [http:// www.dfi.ufms.br/prrosa/instrumentacao/Capitulo_4.pdf](http://www.dfi.ufms.br/prrosa/instrumentacao/Capitulo_4.pdf)> Acesso em 15 de abril de 2011.

RUA, E. R.; SOUZA, P.S.A. Educação ambiental em uma abordagem interdisciplinar e contextualizada por meio das disciplinas de química e estudos regionais. **Química Nova na Escola**. n. 2, p.8-12 , maio, 2010..

RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Volume II. 2^a Edição. São Paulo: Makrom Books, 1994.

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. P.; VIEIRA, E. M. Agentes Desinfetantes Alternativos para o Tratamento de Água. **Química Nova na Escola**. n. 17, p.8-12 , maio,2003.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 3^a Edição. Ijuí: Unijuí, 2003.

SANTOS, W. L. P.; MÒL, G. S. **Química e Sociedade**. Volume Único. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SILVA, J. S.; GOMES, V. B.; BRITO M. V. B. A.; CARVALHO; FILHO, J. F. S.; BELLO, M. E. R. B; *Abordagem Interativa da Cinética Química no Ensino Médio pelo uso da Internet: um tema para a Prática de Ensino*. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional

de Ensino de Química (XIV-ENEQ). Curitiba, Brasil. Retirado em 08/01/2009 no word wide web: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0157-1.pdf>

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. 2^a Edição. São Paulo:Pearson Prentice Hall, 2009.

TEÓFILO, R. F.; BRAATHEN, P. C.; RUBINGER, M. M. M. Reação Relógio Iodeto/Iodo com Material Alternativo de Baixo Custo e fácil aquisição. **Química Nova na Escola**. n. 16, p.41-44, novembro, 2002.

TOZONI-REIS, M. F. C, **Educação ambiental: natureza, razão e história**. São Paulo: Autores Associados, 2004.

Apêndices

APÊNDICE A- QUESTIONÁRIO INICIAL

Prezada aluna, prezado aluno

Estou desenvolvendo pesquisas que têm por objetivo o desenvolvimento de uma sequência didática sobre o conteúdo de cinética química. Assim, necessito que vocês respondam as questões abaixo, sobre os temas: águas, poluição os recursos hídricos, cinética química e autodepuração dos rios. Não é necessária a sua identificação, bem como você poderá deixar de responder o questionário no momento que desejar ou achar necessário. Muito obrigada pela sua colaboração.

1- Você considera a água, representada pela fórmula molecular H_2O , abordada em algumas aulas de química, como a mesma água que consumimos diariamente? Justifique a sua resposta?

02) A água que consumimos é uma substância pura? Explique justifique a sua resposta.

03) Como você considera a qualidade da água que é utilizada para consumo em sua residência? Justifique a sua resposta.

() Ótima para o consumo.

() Boa para o consumo.

() Razoável para o consumo.

() Imprópria para o consumo.

04) Descreva o “caminho” da água que chega até a sua casa. Considere, inclusive o “caminho” da água já utilizada.

05) O que você entende por oxigênio dissolvido na água?

06) Você já leu ou ouviu falar alguma coisa sobre autodepuração dos rios? Descreva o que você ouviu ou leu.

APÊNDICE B - RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO INICIAL

1- Você considera a água, representada pela fórmula molecular H_2O , abordada em algumas aulas de química, como a mesma água que consumimos diariamente? Justifique a sua resposta?

01) Não, pois a água que consumimos ela é alterada no reservatório e são colocadas substâncias a mais.

02) Sim. Água é tudo igual.

03) Não porque principalmente, a água que vem da torneira não é pura, ela é mais que simplesmente H_2O , há cloro e até outras substâncias nela.

04) Não ela passa por algum lugar que colocam cloro na água.

05) Sim, com algumas substâncias a mais, mais na deixa de ser H_2O .

06) Não, pois a água estudada na sala de aula (H_2O) é uma água pura e até chegar em nossas casas a água passa por varias transformações.

07) H_2O -Sim, porque H_2 é duas moléculas de hidrogênio + O que é oxigênio, então H_2O é apenas uma fórmula que representa a água.

08) Sim.

09) Sim. Porque não deixa de ser H_2O .

10) Sim, porque toda substância é representada por uma fórmula, H_2O = água.(nunca ouvi falar de outra fórmula que representasse a água.

11) Sim.

12) Sim. Porque quando vamos fazer trabalhos de química, nas experiências usamos a mesma água que consumimos H_2O .

13) Não, pois tem água suja que tem mais substâncias só ficam limpa depois que passam por um processo de limpeza. E a água estudada na sala é pura.

14) Sim, porque temo mesmo gosto.

15) Sim. È a mesma água (H_2O), mas não tão pura como a da fórmula H_2O .

16) Sim Devido algumas adições de minerais, cloros etc.

17) Sim, a água para mim, se vem da encanação da rua é tudo igual.

18) Para mim é H_2O , quer dizer que é um representante da água.

H_2O = oxigênio, hidrogênio 2 moléculas.

19) Sim. Porque nunca que alguém vai mudar sua fórmula real é H_2O , e sim a água.

- 20) Não. Na maioria das residências, a água utilizada é com cloro.
- 21) Não pois, há mais componentes químicos para ajudar na purificação da água, como o cloro.
- 22) Sim, porque é a mesma fórmula.
- 23) Não, porque até ele chegar na nossa casa ele passa por mudanças, poluição,...
- 24) Não, porque a maioria é com cloro.
- 25) Sim
- 26) Não sei.
- 27) As águas na minha opinião são todas iguais por que eu acho que todas são tratadas do mesmo jeito.
- 28) Sim.
- 29) Não, pois a água passa por um tratamento sendo adicionados algumas substâncias como o cloro.
- 30) Não porque a água que consumimos diariamente é passada por vários processos e chega até nós com outras substâncias sendo assim potável.
- 31) Não, porque não.

02) A água que consumimos é uma substância pura? Explique justifique a sua resposta.

- 01) Não, pois são colocados substâncias para tratar a água.
- 02) Não. Porque passa por vários processos químicos.
- 03) Não porque na água que consumimos (vinda de estações de tratamento) há substâncias diferentes .
- 04) Não, pois tem cloro.
- 05) Não, pois vem com algumas substâncias a mais, exemplo, cloro.
- 06) Não porque até chegar nas casas para consumirmos ele passas por vários processos, e por isso não se torna totalmente pura.
- 07) Não porque eu já fiz um teste, amarei um pano na torneira uma semana quando tirei, o pano estava muito sujo então não é boa para consumo.
- 08) Não acho que tem muito cloro.
- 09) Não porque possui cloro e outras impureza.
- 10) Não, ela apresenta cloro e outras substâncias.
- 11) Não porque a água passa por vários processos antes de chegar até nós e nesses processos são misturados várias outras substâncias a ela.

12) Não, porque se fosse para analisar as águas que consumimos, acharia vermes, bactérias e muito cloro na água.

13) Não

14) Não, porque ela passa por vários processos para purificar a água, usando sais e componentes químicos.

15) Não, ela apresenta cloro e outras substâncias, como microorganismos, cloro,...

16) Não, pois é resultado de uma reação entre substâncias simples.

17) Não sei.

18) Bom, exatamente eu não sei, mas água que a maioria consome não, pois a mesma passa por um tratamento e é colocado cloro.

19) Não, falta fazer melhoramentos com a fórmula da água para que ela seja uma água cristalina.

20) Não.

21) Não, pois ela recebe produtos químicos para ser purificada.

22) Não, porque passa por vários processos químicos.

23) Não, porque existem outros tipos de substâncias poluindo as águas.

24) Não.

25) Não, porque tem muitas substâncias.

26) Não sei.

27) Acho que sim, porque são bem tratadas e passam por vários processos.

28) Não, porque ela passa por vários processos antes de chegar a nossas casas.

29) Não, possui cloro.

30) Não porque quando ele chega até nós, já passou por vários processos de purificação, e mesmo assim ela fica com cloro.

31) Não, pois ela passa por vários tipos de tratamento até chegar em minha casa.

03) Como você considera a qualidade da água que é utilizada para consumo em sua residência? Justifique a sua resposta.

() Ótima para o consumo.

() Boa para o consumo.

() Razoável para o consumo.

() Imprópria para o consumo.

01) (X) Razoável para o consumo. Em minha residência água tem gosto muito forte de cloro e seu cheiro é muito forte também de cloro.

- 02) (X) Boa para o consumo.
- 03) (X) Razoável para o consumo. Porque nas estações de tratamento são colocadas substâncias, que muitos desconhecem, para tratar a água 9º cheiro de cloro inclusive é forte).
- 04) (X) Boa para o consumo.
- 05) (X) Boa para o consumo.
- 06) (X) Boa para o consumo.
- 07) (X) Imprópria para o consumo.
- 08) (X) Razoável e imprópria para o consumo.
- 09) (X) Boa para o consumo.
- 10) (X) Boa para o consumo..
- 11) (X) Boa para o consumo.
- 12) (X) Razoável para o consumo.
- 13) (X) Boa para o consumo.
- 14) (X) Boa para o consumo.
- 15) (X) Razoável para o consumo. Pois ela não é pura, apresentando às vezes substâncias prejudiciais a saúde.
- 16) (X) Razoável para o consumo. Porque a água que consumimos tem cloro e sujeira.
- 17) (X) Razoável para o consumo. Eu acho que é razoável porque vem da encanação da rua e á cheia de cloro.
- 18) (X) Ótima para o consumo.
- 19) (X) Razoável para o consumo. Porque muitas vezes vem suja.
- 20) (X) Boa para o consumo.
- 21) (X) Ótima para o consumo.
- 22) (X) Razoável para o consumo.
- 23) (X) Boa para o consumo.
- 24) (X) Boa para o consumo.
- 25) (X) Boa para o consumo.
- 26) (X) Boa para o consumo.
- 27) (X) Ótima para o consumo.
- 28) (X) Razoável para o consumo. Apesar de todas as contaminações é usada muitos produtos para deixar mais limpa.
- 29) (X) Boa para o consumo.
- 30) (X) Imprópria para o consumo.
- 31) (X) Boa para o consumo.

04) Descreva o “caminho” da água que chega até a sua casa. Considere, inclusive o “caminho” da água já utilizada.

01) Ela sai do reservatório vai para vários canos chega a casa. Vai para a caixa de água e é utilizada. Via para fossa, no meu bairro não tem rede de esgoto.

02)

03) Ela vem das estações de tratamentos a “Águas Guarirobas” passa pelos encanamento e chega em casa. a água já usada vai para a rede de esgoto.

04) Ela vem de algum lugar que desconheço ai eu uso e ela vai para a fossa. Ai eu não sei mais.

05)

06) Não sei.

07) Eu sei que a água vem da rua, mas não sei o caminho.

08) Não sei explicar, passa por tantos lugares para chegar a minha casa.

09)

10) Ela vem da usina que abastece a cidade, que logo abastece a minha casa.

11) Do rio ela passa por filtrações e são adicionadas substâncias a ela, com o objetivo de limpar a água para assim chegar até as torneiras de nossas casas.

12) Do rio passa por filtrações e é acrescentado cloro, ficam armazenadas em caixas e são enviadas através de canos para as casas.

13) Tem água que vem do esgoto outras do rio, onde passa por usinas e passam por processos de limpeza. E ai as chega até a nossa casa e passa por tudo isso de novo.

14) A água passa por um purificador, onde existem componentes químicos que a limpam e vão para as usinas e chegam as nossas casas por meio de canos embutidos.

15) Ela vem do reservatório, passando por canos, tubos distribuídos na cidade. Desses canos, puxamos com outros canos próprios a água para a nossa casa, que leva a água ate a caixa de água que distribui para a casa. Para chega até o reservatório ela vem dos rios e passa por tratamentos.

16) A água faz vários processos de **limpagem** e depois vai nos canos até chegar na casa.

17) Não sei

18) A água da minha casa é de poço semi-artesianos. Portanto, há apenas um simples caminho. Ligamos o motor, o motor já é colocado no fundo da terra, e levamos a mangueira até a caixa de água, encaixamos e deixamos ela encher.

19) Não sei

20) A água vem do lençol freático, sobe pelo poço, passa pela bomba, que joga água fora pelo cano que chega até a caixa de água.

21) Ela vem da estação de "Águas guarirobas" e vem em canos pronta para o consumo, depois vai para o esgoto indo para a estação de tratamento.

22) Ela é retirada do rio, passa por tratamento e chega em casa por tubulações.

23) Não sei.

24) Não lembro.

25) Não sei.

26) Não sei.

27) Não sei.

28) O caminho vem do rio e passa por todo o processo químico até chegar em minha casa. E a maioria das águas usadas vão para as fossas ou esgoto que na maioria das vezes não é tratada.

29) Ela passa por uma rede de tratamento e vem por redes de canos até a minha casa.

30) a água vem dos rios e chega até usinas hidroelétricas que tratam essa água, depois disso passa por canos debaixo da terra até chegar nas casas, que usam a água para tudo, depois disso passa pelos canos de esgotos até chegar aos rio outra vez.

31) Não sei.

05) O que você entende por oxigênio dissolvido na água?

01) Não entendo

02) Não sei

03) Não entendo

04) Não sei.

05) Nada a declarar.

06) Não sei.

07) Não sei.

08) Não sei.

09) São bolhas na água.

10) Não entendo nada.

11) Não me recordo.

12) Eu não me recordo de ter estudado isso.

13) Não sei.

- 14) *A água tem oxigênio,mas dissolvido a água terá um complexo maior de oxigênio. $H_2O + O = H_2O_2$.*
- 15) *Não me recordo.*
- 16) *Nunca ouvi falar.*
- 17) *Nada.*
- 18) *H_2O oxigênio .Realmente não sei.*
- 19) *Que forma um CO_2 .*
- 20) *Não sei.*
- 21) *Eu não sei explicar.*
- 22) *Uma reação química.*
- 23) *Não sei.*
- 24) *Não sei.*
- 25) *Não sei.*
- 26) *Não sei.*
- 27) *È para ela ficar mais pura.*
- 28) *Não entendo.*
- 29) *Sorrisal.*
- 30) *Não sei.*
- 31) *Não sei.*

06) *Você já leu ou ouviu falar alguma coisa sobre autodepuração dos rios? Descreva o que você ouviu ou leu.*

- 01) *Posso ter ouvido, porém não lembro pois o nome não me ajuda a lembrar.*
- 02) *Não tenho nada para dizer.*
- 03) *Não que eu me lembre.*
- 04) *Acho que nunca ouvi nada a respeito, mas gostaria muito de aprender sobre isso..*
- 05) *Sim, que a vigilância sanitária é que realiza este processo.*
- 06) *Nunca ouvi falar.*
- 07) *Não. Mas acredito que seja um tratamento que as águas dos rios tenham que passar. Um processo de limpeza – autodepuração.*
- 08) *Não me lembro.*
- 09) *Não sei.*
- 10) *Nunca li ou ouvi nada..*
- 11) *Nunca ouvi falar.*

- 12) *Não ouvi falar sobre isso.*
- 13) *Nunca ouvi .*
- 14) *Processo.*
- 15) *Não.*
- 16) *Não ouvi.*
- 17) *Se já ouvi eu não me lembro mais.*
- 18) *Autodepuração – nunca ouvi falar. Mas acredito que seja um processo que as águas dos rios passam para uma limpeza, não tenho certeza.*
- 19) *Nunca ouvi falar sobre autodepuração.*
- 20) *Não.*
- 21) *Já ouvi falar sobre esse assunto mas não me aprofundei em autodepuração. Na reportagem que li dizia que autodepuração é um processo no qual trata água polida e deixa ela limpa.*
- 22) *Nunca ouvi nada sobre isso.*
- 23) *Não.*
- 24) *Não.*
- 25) *Não sei.*
- 26) *Não sei.*
- 27) *Não.*
- 28) *Não ouvi falar disso.*
- 29) *Sim, acho que é uma maquina usada para extrair areia e ouro.*
- 30) *Não.*
- 31) *Não eu nem sei o que é autodepuração..*

APÊNDICE C- ROTEIRO DA AULA PRÁTICA INICIAL.

Aula prática de química: Cinética Química.

1-Indique a diferença entre transformação química e transformação física (cite exemplos).

Modelo das colisões



A utilização deste modelo se dá pela agitação da garrafa e a observação do rompimento das ligações de cada molécula. Após a agitação da garrafa retire todas as bolinhas e verifique quantas se romperam e quantas permaneceram unidas.

a) Como ocorrem as reações químicas?

O efeito da temperatura na velocidade das reações químicas.

Material:

-2 comprimidos efervescentes.

- Água gelada e água à temperatura ambiente.

Procedimento: Coloque ao mesmo tempo um comprimido em água gelada e o outro em água à temperatura ambiente. Observar o ocorrido.

b) O ocorrido pode ser considerado uma transformação química? Explique.

c) Em qual situação a reação apresenta uma maior velocidade? Explique.

d) Cite alguns acontecimentos diários em que buscamos acelerar ou retardar algumas reações químicas (através da manipulação da temperatura).

Superfície de contato.

Material:

-2 comprimidos efervescentes.

-Água à temperatura ambiente.

Procedimentos: Em dois copos distintos, com água a mesma temperatura, adicione um comprimido inteiro e outro triturado. Observe.

e) Em qual a reação apresenta uma maior velocidade? Explique.

f) Se submetermos um prego de ferro e um pedaço de palha de aço às mesmas condições de umidade, temperatura e exposição ao ar, quem enferrujará por primeiro? Explique.

**APÊNDICE D - PROCEDIMENTO DA AULA
EXPERIMENTAL DESTINADA A DETERMINAÇÃO DO
TEOR DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO**

Aula experimental de química

Esta aula prática esta relacionada ao conteúdo de cinética química e ao tema de autodepuração trabalhado em sala. A seguir serão mencionados cuidados que você, aluno, deverá ter ao desenvolver esta atividade, a fim de evitar acidentes:

- ler o roteiro atentamente, perguntar ao professor quando estiver com dúvidas.
- não fazer brincadeiras ou correr em sala, durante a realização da prática.
- não mexer, abrir, experimentar qualquer tipo de reagente.
- substância ácidas são extremamente perigosas.

Para o desenvolvimento da experimentação propostas, os alunos serão divididos em grupos, onde cada qual ficará responsável por uma atividade. Será cobrado a elaboração de um relatório (nota bimestral), para tanto anote todas as observações ocorridas e procure tirar suas dúvidas.

01) Padronização da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ com iodato de potássio

Material:

- Solução de iodato de potássio.
- Solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
- solução de H_2SO_4
- solução de amido
- 1 bureta.
- 3 pipetas.
- 1erlenmeyer.
- 2 béqueres.
- funil

Procedimentos:

- 1- Fixe a bureta em posição vertical no suporte.
- 2-Coloque na bureta a solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Verifique se não há bolhas de ar no interior da bureta ou na ponta. Para a leitura, mantenha seus olhos no mesmo nível do menisco.
- 3-Coloque _____ mL da solução de iodato em um erlenmeyer de 250 mL e acrescente 5mL de H_2SO_4 e 200mL de água. Titule com a solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ que está presente na bureta sob agitação, até a solução passar de amarelo escuro para amarelo pálido.
- 4-Quando a solução apresentar a coloração amarelo pálido, pare a titulação, e acrescente a solução contida no erlenmeyer 1mL de amido.
- 5-Continue a titulação até que a cor azul descore.

6-Anote o volume gasto na primeira titulação e repita o processo mais duas vezes.

02) Determinação de oxigênio dissolvido- Método de Winkler.

Material:

- Solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
- Solução de MnSO_4
- Solução de KI
- solução de H_2SO_4
- solução de amido
- 1 bureta.
- 5 pipetas.
- 1erlenmeyer de boca esmerilhada.
- 2 béqueres.

Procedimentos:

- 1- Encha um erlenmeyer de boca esmerilhada de 250 mL até transbordar com a água de torneira em estudo.
 - 2- Adicione 1 mL de solução de MnSO_4 (480 g/L) e 3 mL de solução alcalina de KI neste erlenmeyer, com o auxílio de pipetas graduadas mergulhando a ponta das mesmas até o fundo do frasco.
 - 3- Feche novamente o frasco evitando a formação de bolhas de ar, agite o conjunto e deixe depositar o precipitado, agite novamente e deixe em repouso até nova deposição.
 - 4- Adicione 1 mL de H_2SO_4 concentrado, feche rapidamente o frasco agite novamente até dissolução do precipitado.
 - 5- Deixe em repouso por 5 minutos no mínimo, em seguida pipete 50 mL da solução com pipeta volumétrica transferindo para um erlenmeyer de 250 mL.
 - 6- Titule com a solução padronizada de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $6,25 \times 10^{-3}$ mol/L* até coloração amarelo-pálida.
 - 7-Adicione então 1 mL da solução de amido a 1% e prossiga a titulação com $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ até desaparecimento da cor azul.
 - 8- Anotar o volume gasto e repetir a determinação.
 - 9- Utilizar a média dos volumes gasto de solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ para calcular o teor de oxigênio dissolvido na água.
- 1 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $6,25 \times 10^{-3}$ mol/L x fcv = 0,8 ppm de O_2 dissolvido.

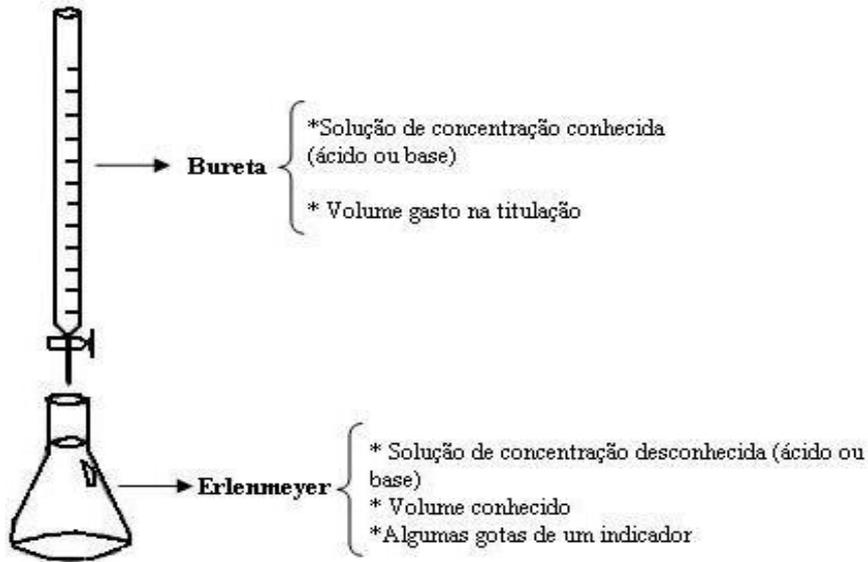


Figura 2- Ilustração do equipamentos utilizado no processo de titulação.

Referência Bibliográfica.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

COLOMBO, P. **Determinação de Oxigênio Dissolvido (Método iodométrico de Winkler modificado pela azida)**. Análise de contaminantes ambientais: UTFPR. Retirado em 06/03/2009 <http://pessoal.utfpr.edu.br/marcusliz/arquivos/OD.pdf>

APÊNDICE E - AVALIAÇÃO

Atividade de química

Assunto: cinética química, oxigênio dissolvido e autodepuração dos rios.

Questão 1- (Unicamp-SP) “Os peixes estão morrendo porque a água do rio está sem oxigênio, mas nos trechos de maior correnteza a quantidade de oxigênio aumenta”. Ao ouvir esta informação de um técnico do ambiente, um estudante que passava pela margem do rio ficou confuso e fez a seguinte reflexão: “Estou vendo a água do rio e sei que água contém, em suas moléculas, oxigênio; então como pode ter acabado o oxigênio do rio?”.

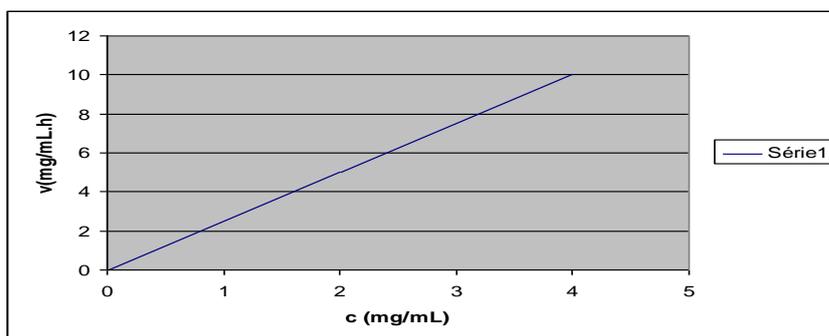
- a) Escreva as fórmulas das substâncias mencionadas pelo técnico.
- b) Qual é a confusão cometida pelo estudante em sua reflexão?

Questão 2- (Olimpíadas de Química-BA) Água de torneira contém gás oxigênio dissolvido, que é representado como $O_{2(aq)}$. Ao aquecer essa água o gás escapa. A equação abaixo representa esse fato:



- a) Essa equação representa um fenômeno químico ou um fenômeno físico. Explique.

Questão 3- (EEM-SP) O valor absoluto da velocidade de decomposição(v) de uma substância em solução aquosa varia com a concentração(c) dessa substância, como indica a figura:



- a) Qual é o valor da constante de velocidade dessa reação?

OBS:

Considere a reação da substância mencionada como sendo



Os valores de v e de $[A]$ saem do gráfico e com eles resolvemos o problema.

Questão 4 - (Unicamp-SP) A quantidade de gás oxigênio dissolvido na água pode ser monitorada através de um teste químico, em que, inicialmente, faz-se o seguinte: a uma amostra de 5 mL de água do aquário, adicionam-se 2 gotas de solução de Mn^{2+} e 2 gotas de uma solução de I^- (em meio básico), agitando-se a mistura. Na sequência, adiciona-se uma solução para tornar o meio ácido e agita-se a mistura resultante. Sabe-se que em meio básico, o íon Mn^{2+} se transforma em Mn^{4+} ao reagir com o oxigênio dissolvido na água. Em meio ácido, o Mn^{4+} da reação anterior reage com o I^- , produzindo I_2 e Mn^{2+} . Quando não há oxigênio dissolvido, as reações anteriormente descritas não ocorrem.

Dados:

Espécie química em solução	Mn^{2+}	Mn^{4+}	I^-	I_2
Cor	Rosa claro	Preto	Incolor	Castanho escuro

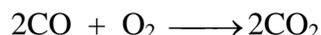
a) Correlacione a presença ou a ausência de oxigênio dissolvido com a coloração (clara/escuro) do teste. Justifique sua resposta, indicando a espécie responsável pela coloração em cada caso.

Questão 5- Quando a concentração do C_4H_9Br , dobra, a velocidade da reação:



aumenta duas vezes. Quando a concentração do C_4H_9Br e do OH^- dobram, o aumento da velocidade é o mesmo, isto é, duas vezes. Qual é a ordem para o reagente $C_4H_9Br_{(aq)}$?

Questão 6- Na reação a seguir:



Que se processa em uma única etapa, a constante de velocidade é igual a 0,8 L/mol.min. Quando as concentrações de CO e O_2 , forem 3 e 1,5 mol/L qual será o valor da velocidade da reação?

Questão 7- A figura a seguir representa a simulação do processo natural de autodepuração dos rios. Utilizando seus conhecimentos sobre cinética química e as informações, obtidas na

última aula de química sobre o tema, esboce um pequeno texto que descreva corretamente este processo, explicando: a definição do mesmo, as zonas de autodepuração, gráficos envolvidos, relação ente a concentração do esgoto lançado e a distância percorrida pelas águas, etc.

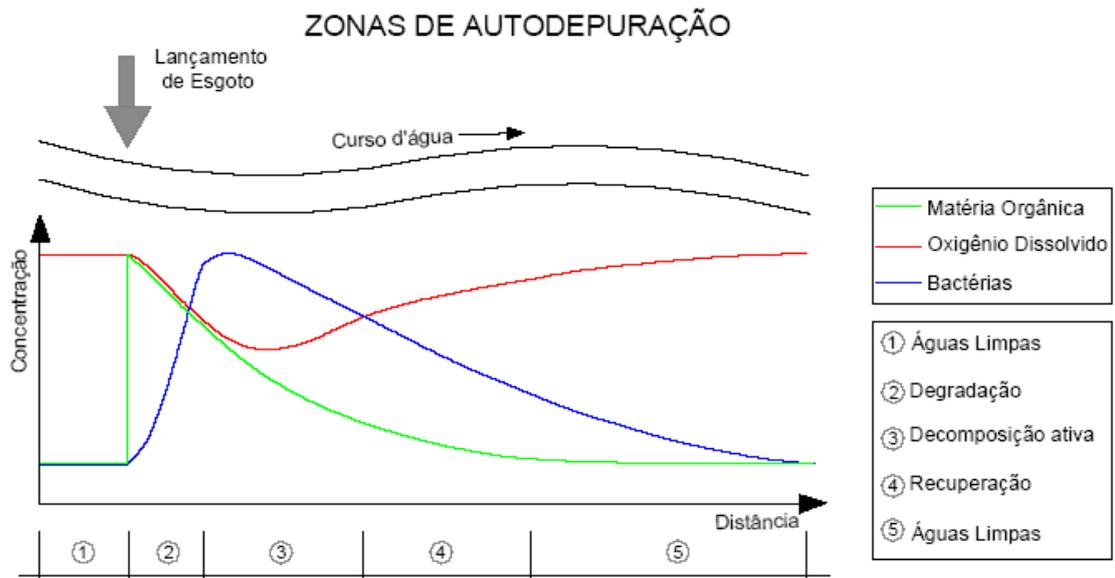


Figura 1 – perfil das zonas de autodepuração ao longo do curso d'água (adaptado de Von Sperling, 1996)