Universidade de São Paulo
Instituto de Química de São Carlos

**Programas computacionais como ferramentas socioculturais na
formação inicial de professores de química: da aprendizagem de
conceitos químicos à prática pedagógica**

Dulce Raquel Pereira Oliveira Pinheiro

São Carlos
2016

Dulce Raquel Pereira Oliveira Pinheiro

**Programas computacionais como ferramentas socioculturais
na formação inicial de professores de química: da
aprendizagem de conceitos químicos à prática pedagógica**

Tese apresentada ao Instituto de Química
de São Carlos da Universidade de São
Paulo como parte dos requisitos para a
obtenção do Título de Doutor em
Ciências.

Área de concentração:
Química Analítica e Inorgânica

Orientador:
Prof. Dr. Éder Tadeu Gomes Cavalheiro

São Carlos
2016

*Dedico a Deus porque dele, por Ele e
para Ele são todas as coisas.
Aos meus amados pais,
A minha querida avó Maria,
Aos meus amados sogros,
Ao meu querido esposo,
Ao meu amado filho Benjamim.*

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo, pelo suporte acadêmico.

Ao Prof. Dr. Éder Tadeu Gomes Cavalheiro pela orientação, atenção e confiança.

Aos alunos do curso de Licenciatura em Química da UFAM que participaram da pesquisa.

A secretaria do Curso de Licenciatura da UFAM por disponibilizar o Projeto Pedagógico do Curso e os Planos de Ensino das disciplinas.

Aos colegas do Núcleo Amazonense de Ensino de Química pela parceria e contribuições.

A Profa. Dra. Eny Maria Vieira e a Profa. Dra. Teca Gambardella pela atenção, compreensão e ajuda.

A Profa. Dra. Sidilene Alquino de Farias pela forma atenciosa com que me recebeu em Manaus, pelo tempo que me dedicou, pelas valiosas contribuições e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira e a Profa. Dra. Ana Cláudia Kasseboehmer pelas valiosas contribuições durante a qualificação.

Ao Prof. Dr. Paulo Couceiro pela atenção e ao Departamento de Química da UFAM por ceder o laboratório de Informática do Curso de Licenciatura em Química para a aplicação do curso.

Ao Prof. Dr. Eduardo Bessa pelo aprendizado no início do doutorado.

Aos funcionários da Pós Graduação do IQSC pela atenção de sempre.

A Ana Luiza que tive o prazer de conhecer no IQSC por se mostrar sempre solícita e pelas palavras de incentivo ao longo de todo o doutorado.

A Livia Gebara pela ajuda na primeira etapa do doutorado, pela amizade, apoio e incentivo.

Aos meus sogros Iolanda e Luiz Pinheiro pelo amor, dedicação, ajuda, oração e por todo cuidado que me dedicam desde que entraram na minha vida.

Ao meu pai José Raimundo Oliveira pelo amor e pelas palavras de ânimo sempre que possível.

A minha mãe Lucia Pereira por tudo que me ensina, por todo amor que me dedica e por todo apoio que me dá.

Aos meus familiares, especialmente a minha avó Maria pelo zelo e amor.

Ao meu irmão Daniel Pereira pelo amor, cuidado e por apostar sempre que eu posso chegar mais longe.

Ao meu esposo, companheiro, amigo, porto seguro, Márcio Pinheiro, pela compreensão, dedicação, amor, estímulo, cuidado, zelo, por estar sempre ao meu lado me ajudando a prosseguir.

Ao meu filho amado, Benjamim, que chegou bem no meio desse desafio para me ensinar que tudo é possível ao que crê.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para o meu crescimento profissional e pessoal.

Por fim, agradeço a Deus pelo dom da vida, por Ele ter me conduzido em segurança até aqui, por ter colocado pessoas tão especiais em meu caminho e por orientar todos os meus passos.

Tudo que te vier às mãos para fazer faze-o conforme as tuas forças [...]

Livro de Eclesiastes 9:10

RESUMO

Pinheiro, D. R. P. O. **Programas computacionais como ferramentas socioculturais na formação inicial de professores de Química na Universidade Federal do Amazonas: da aprendizagem de conceitos químicos à prática pedagógica.** 2016, 140 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Este trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), tendo como sujeitos de pesquisa alunos do curso de Licenciatura em Química. O objetivo foi investigar de que forma uma estratégia didática com o uso de programas computacionais pode contribuir para o aprendizado de conceitos relacionados a equilíbrio ácido-base e para a prática pedagógica de professores em formação inicial. Os programas computacionais e os conceitos químicos foram compreendidos como ferramentas socioculturais. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas: 1) acompanhamento o projeto de Ensino de Química, 2) desenvolvimento e aplicação de um curso para os licenciandos e 3) proposta da inserção de um dos programas computacionais no Projeto de Ensino de Química pelos licenciandos. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram entrevistas semiestruturadas, pesquisa documental, fichas de atividade e videogravação. O Projeto Pedagógico do curso e os Planos de Ensino das disciplinas foram os documentos analisados na pesquisa. Os documentos e as transcrições das entrevistas e videogravações foram analisadas por meio da Análise Textual Discursiva à luz da Teoria da Ação Mediada. Observou-se que uma metodologia que emprega recursos tecnológicos no processo de ensino e aprendizagem de química desperta o interesse do licenciando e proporciona diferentes interações dialógicas, contribuindo para a significação de conceitos químicos e para a reflexão sobre a prática pedagógica da qual ele fará uso. Contudo, os dados apontam ainda que o Curso de Licenciatura em Química da UFAM tem contribuído pouco para proporcionar uma interação entre os programas computacionais e os licenciandos a ponto de estimulá-los a se apropriar dessas ferramentas culturais e a inseri-las em suas práticas de ensino.

Palavras-chave: Ensino de química, programas computacionais, Ação mediada.

ABSTRACT

Pinheiro, D. R. P. O. **Computer programs as sociocultural tools in the beginning teachers' education of chemistry at the Federal University of Amazonas: from learning of chemistry concept to educational practice.** 2016, 140 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

This thesis was developed in the Federal University of Amazonas (UFAM) and it had students of the Licentiate Degree in Chemistry as investigation subjects. The goal was to investigate how educational strategy using programs could contribute for learning concepts related to acid-base balance and for educational practice of early-career teachers. Programs and chemistry concepts were understood as sociocultural tools. The research was developed in three steps: 1) the follow-up of the Chemistry Education Plan, 2) the development and application of a course to licentiates and 3) the proposal to include one of the programs in the Chemistry Learning Project. Semi structured interviews, documental research, activity files and videorecordings were used as data collect tools. The Pedagogic Project and Subject's Education Plans were the analyzed documents in this thesis. The documents, the interview's transcriptions and the videorecordings were analyzed by the Discursive Textual Analysis according to the Mediated Action. It was observed that the employment of a methodology that uses technological resources in the chemistry teaching and learning process increases licentiates' interest and provides different dialogic interactions, contributing to reframe concepts and reflections about the educational practice that they will use. Data also show that the Licentiate Degree in Chemistry of UFAM has contributed little to provide an interaction between computer programs and licentiates so as to stimulate them to appropriate these cultural tools and to insert them into their teaching practices. ...

Keywords: Computer programs, Chemistry education, Mediated Action.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 3.1 - Vista aérea do “encontro das águas” na cidade de Manaus.	51
Figura 5.1 – Uso das categorias pelos licenciandos.	67
Figura 5.2 - Esquema desenvolvido por L13 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados a pH.	70
Figura 5.3 - Esquema desenvolvido por L09 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados a pH.	71
Figura 5.4 - Esquema desenvolvido por L04 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados a pH.	73
Figura 5.5 - Esquema desenvolvido por L03 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados a espécie ácida.	75
Figura 5.6 - Esquema desenvolvido por L03 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados à base.	76
Figura 5.7 - Par ácido-base conjugado no modelo bola-vareta proposto por L02.....	84
Figura 5.8- Par ácido-base conjugado no modelo preenchimento espacial proposto por L05.	84
Figura 5.9 – Modelo preenchimento espacial para os pares ácido-base conjugados desenvolvidos no programa ChemSketch [®] por L06.....	88
Figura 5.10 - Representação equivocada proposta por L02 para o par ácido-base conjugado do ácido sulfúrico.	89
Figura 5.11 - Representação equivocada proposta por L02 para par ácido-base conjugado do ácido fosfórico.	89
Figura 5.12 – Gráfico apresentando a variação do logaritmo das concentrações de H^+ e OH^- , em função do pH, desenvolvido por L08.	91
Figura 5.13 – Gráfico apresentando a variação do logaritmo das concentrações de H^+ e OH^- , em função do pH, desenvolvido por L06	91
Figura 5.14 – Gráfico do pH em função da mistura das águas do rio Negro e Solimões desenvolvido por L05.	95
Figura 5.15 – Diagrama de distribuição de espécies para o ácido fluorídrico proposto por L11.	98

Figura 5.16 - Diagrama de distribuição de espécies para o ácido fluorídrico proposto por L08.	99
Figura 5.17 - Diagrama da composição fracionária para o ácido fluorídrico apresentado por L09.....	99
Figura 5.18 - Diagrama da composição fracionária para as espécies em equilíbrio no sistema ácido carbônico, apresentado por L03.	101
Figura 5.19 - Diagrama da composição fracionária para as espécies em equilíbrio no sistema ácido carbônico, apresentado por L05.	102
Figura 5.20 – Diagrama da composição fracionária para as espécies em equilíbrio no sistema ácido carbônico, apresentado por L09.	102
Figura 5.21 - Diagrama da composição fracionária para as espécies em equilíbrio no sistema ácido carbônico, apresentado por L07.	103
Figura 5.22 – Comparação entre o número de categorias dos conceitos utilizados pelos licenciandos nas atividades 1 e 7.	104
Figura 6.1- Design gráfico do jogo desenvolvido por L02.....	114
Figura 6.2 – Hipérbole representativa da transformação isotérmica desenvolvida no programa Excel®	116
Figura 6.3 – Gráfico da variação da pressão em um sistema gasoso, em função da temperatura, proposto por L04.	117

LISTAS DE QUADROS

Quadro 3.1 - Característica da transcrição e seu respectivo código.	47
Quadro 3.2 - Cronograma do curso Tecnologias e ensino de Química.	54
Quadro 4.1- Disciplinas que fazem referência ao uso das TICs no PPC do curso de LQ da UFAM.....	Erro! Indicador não definido.
Quadro 4.2 - Recursos tecnológicos que constam nos Planos de Ensino..	Erro! Indicador não definido.
Quadro 5.1– Conceitos relacionados a pH e suas respectivas categorias..	Erro! Indicador não definido.
Quadro 5.2- Níveis de domínio, erros conceituais e número de categorias apresentadas pelos licenciandos na atividade 1.....	Erro! Indicador não definido.

Sumário

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO.....	14
1.1 O uso de computadores no ensino de Química.....	14
1.2 O Equilíbrio Químico no ensino de química	22
Capítulo 2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
2.1 A pesquisa na perspectiva sociocultural	25
2.2 A Teoria da Ação Mediada	27
2.3 Características da ação mediada e das ferramentas culturais.....	36
2.4 A Teoria da Ação Mediada e a Educação em Ciências no Brasil.....	41
Capítulo 3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.1 Questão de Pesquisa e objetivos	44
3.2 Procedimentos metodológicos	45
3.2.1 Etapas da pesquisa e instrumentos de coleta de dados	46
3.3 O Curso ministrado para os licenciandos	49
3.4 Os sujeitos de pesquisa	55
3.5 O laboratório de Informática do Curso de Licenciatura em Química da UFAM	55
Capítulo 4 - O CONTEXTO INSTITUCIONAL DA AÇÃO INVESTIGADA.....	56
4.1 As tecnologias de Informação e Comunicação no currículo prescrito do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amazonas.....	56
4.2 Considerações dos licenciandos sobre o uso das TICs na prática pedagógica	60
Capítulo 5 – CONCEITOS QUÍMICOS COMO FERRAMENTAS CULTURAIS	65
5.1 A análise do aprendizado do conteúdo “ácido-base” e “pH” ao longo da estratégia didática.	65
5.1.1. Considerações iniciais sobre o domínio dos conceitos pelos licenciandos	66
5.1.2. O domínio dos conceitos ácido e base em diferentes teorias	77
5.1.3. Força das espécies	80
5.1.4. A significação do conceito de par ácido-base conjugado.....	84
5.1.5. Potencial hidrogeniônico (pH)	90
Capítulo 6 – PROGRAMAS COMPUTACIONAIS COMO FERRAMENTAS CULTURAIS	107
6.1 O domínio dos programas computacionais pelos licenciandos	107
6.2 A apropriação dos programas computacionais	112
6.2.1 O uso do PowerPoint® para o desenvolvimento de um jogo.....	113
6.2.2 O uso do ChemSketch® para o ensino de Isomeria geométrica	115
6.2.3 O uso do Excel® para o ensino de transformações gasosas.....	115
Capítulo 7 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	118

7.1	Conclusões	118
7.2	Considerações finais	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		122
APÊNDICES		134
APÊNDICE A – <i>Atividade 1: Conhecimentos gerais sobre equilíbrio ácido-base</i>		135
APÊNDICE B - <i>Atividade 2: Conhecimentos gerais sobre equilíbrio ácido-base</i>		136
APÊNDICE C - <i>Atividade 3: Força das espécies e par ácido-base conjugado</i>		137
APÊNDICE D - <i>Atividade 4: pH</i>		138
APÊNDICE E - <i>Atividade 5: pH</i>		139
APÊNDICE F - <i>Atividade 6: pH e distribuição de espécies</i>		140
APÊNDICE G - <i>Atividade 7: Revendo conceitos</i>		141
APÊNDICE H - <i>Entrevista Final</i>		142

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo se inicia com uma síntese sobre a inserção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), mais especificamente, a inserção do *uso do computador no Ensino de Química*, destacando suas vantagens e limitações. Em seguida, são apresentadas pesquisas já desenvolvidas no âmbito do ensino de Ciências, envolvendo os programas *PowerPoint*[®], *Excel*[®] e *ACD/ChemSketch*[®].

Finalmente, é apresentada uma abordagem sobre a importância de investigar possíveis contribuições de atividades didáticas, tendo por base o uso de programas computacionais, para o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo *Equilíbrio Químico*.

1.1 O uso de computadores no ensino de Química

Parte dos problemas observados no ensino básico, relacionados à disciplina de química, é atribuída, entre outros fatores, à deficiência na formação de professores (ROSSI; FERREIRA, 2012). Entre essas deficiências, destaca-se que, na maioria das vezes, os cursos de licenciatura não capacitam os futuros professores para fazer uso de estratégias de aprendizagem, além da tradicional aula expositiva (ZANON, 2012).

Como consequência, o ensino tradicional ainda é predominante nas salas de aula de química em particular e das ciências naturais em geral, em todo país. São características dessa forma de ensino: a ênfase da memorização, a ausência de vínculo dos conteúdos com a realidade do aluno, a supervalorização do discurso expositivo do professor, onde o aluno é considerado como tábula-rasa e a aprendizagem se dá pela recepção das informações que o professor transmite (SCHNETZLER, 2010).

Visando reduzir, ao menos em parte, tais problemas, abordagens alternativas ao “ensino tradicional” têm sido inseridas no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de

química. Entre as abordagens alternativas se destacam as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

As TICs são definidas como meios de comunicação que ampliam o acesso a notícias e informações como, por exemplo, os jornais, rádio, vídeo, televisão, computadores, meio digital e a internet (KENSKI, 2012).

A tentativa de inserir essas ferramentas tecnológicas na educação não é uma ideia nova. O uso de computadores na educação brasileira, por exemplo, surgiu na década de 1970, motivada pelo interesse do país em informatizar sua sociedade, visando garantir uma autonomia tecnológica em informática que assegurasse a soberania nacional, o bem-estar coletivo e a resolução de problemas em diversas áreas. Já naquela época, para o Ministério da Educação, a maneira mais eficaz de garantir o sucesso da informatização da sociedade brasileira era articulando informática e educação (MORAES, 1993).

A Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Estadual de Campinas foram as primeiras a fazer uso dos computadores no Ensino. Especificamente ao Ensino de Química, a primeira experiência ocorreu no Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde e Centro Latino-Americano de Tecnologia Educacional (NUTES/CLATES), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, realizada na forma de simulações computacionais¹ (VALENTE; ALMEIDA, 1997).

Contudo, o marco inicial formal só aconteceu em 1983, quando foi aprovado o Projeto Educação com Computadores – EDUCOM. Este projeto tinha como objetivo proporcionar mudanças na abordagem educacional de forma que o aluno pudesse realizar atividades com o uso do computador. Esperava-se que, dessa forma, o aluno pudesse construir seu conhecimento de maneira significativa (Ibidem, p. 15). Infelizmente, mais de 30 anos se passaram e o uso das TICs, mais especificamente, o uso do computador na educação ainda não se consolidou.

Isso porque grande parte dos educadores ainda não se adaptou aos avanços tecnológicos de forma a orientar caminhos para o domínio e a apropriação crítica desses

¹ O autor não esclarece o tipo de simulações que foram utilizadas.

novos meios. Diante disso, os documentos oficiais apontam, entre as questões a serem enfrentadas na formação de professores, a ausência de conteúdos relativos às TICs no campo curricular e destacam-nas como um recurso importante para a educação básica (BRASIL, 2002), sendo, portanto, seu uso articulado ao exercício da docência indispensável para a formação do professor.

Por isso, as Diretrizes Curriculares para a formação de Professores de 2002, colocam entre as competências necessárias à docência: fazer uso da tecnologia da informação e da comunicação de forma a aumentar as possibilidades de aprendizagem dos alunos (BRASIL, 2002).

As Diretrizes Curriculares para a formação de Professores de 2015 reforçam a importância do uso das TICs, colocando-as entre as habilidades necessárias à docência: o egresso deve ser conduzido “[...] ao uso competente das tecnologias de informação e comunicação (TIC) para o aprimoramento da prática pedagógica [...]” (BRASIL, 2015, p.6) e estar apto ao “[...] domínio das tecnologias de informação e comunicação para o desenvolvimento da aprendizagem (Idem, p. 8)”.

Particularmente, para o professor de Química, os documentos oficiais apontam medidas fundamentais envolvendo o uso da tecnologia para garantir a qualidade do ensino, como: acompanhar as mudanças tecnológicas, possuir conhecimento básico do *uso de computadores* e sua aplicação no ensino de química, conhecer diferentes *programas computacionais* que possam despertar o interesse do aluno para o aprendizado, bem como saber elaborar e avaliar *programas computacionais* para o ensino fundamental e médio (BRASIL, 2001).

Entre as TICs, o computador ocupa lugar de destaque por agregar diferentes ferramentas como textos, áudios, vídeos, planilhas eletrônicas, além de possibilitar acesso à INTERNET. Seu uso é fundamental, desde cedo, para incluir o indivíduo no mundo moderno e no entendimento da informática, indiscutivelmente presente no mundo contemporâneo, evitando-se a geração de cidadãos alijados desta realidade.

Por isso, nos últimos anos, pesquisas envolvendo o uso de computadores e programas computacionais no ensino de Ciências/Química têm atraído atenção generalizada (VASCONCELOS; LEÃO, 2012; BAEZA-BAEZA; GARCÍA-ÁLVAREZ-COQUE, 2012; BARROS, 2011; SILVA; RECENA, 2010; POSSO, 2010; RAUPP, et al., 2010; PEDROSA; PAIVA, 2005; SOUZA et al., 2005; CARREIRA, 2010; EICHLER, DEL PINO, 2000, entre outros). Esses pesquisadores apontam contribuições de estratégias didáticas envolvendo o uso do computador para o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos como radioatividade (VASCONCELOS; LEÃO, 2012), equilíbrio químico (BAEZA-BAEZA; GARCÍA-ÁLVAREZ-COQUE, 2012; BARROS, 2011), pH (SILVA; RECENA, 2010), solubilidade (POSSO, 2010), isomeria (RAUPP, et al., 2010), gases (PEDROSA; PAIVA, 2005), titulação (SOUZA et al., 2005), estrutura atômica e tabela periódica (CARREIRA, 2010; EICHLER, DEL PINO, 2000).

Estudos de caráter nacional (LOCATELLI; ZOCH; TRENTIN, 2015; SOARES; BARIN, 2014; RAUPP et al., 2010; RAUPP; SERRANO; MARTINS, 2008) e internacional (SHEID; REIS, 2016; TEJEDOR; GARCÍA-VALCÁRCEL; PRADA, 2009; ESQUEMBRE, 2002, entre outros), confirmam que, quando devidamente aplicada, a informática na educação:

- ✓ Motiva o aluno para a aprendizagem, colaborando com a sua adaptação a uma sociedade cada vez mais tecnológica;
- ✓ Possibilita a demonstração e a simulação de vários conceitos;
- ✓ Facilita o aprendizado por meio de visualização dinâmica em vários campos da química;
- ✓ Auxilia no desenvolvimento da capacidade de raciocínio, de comunicação e de argumentação;
- ✓ Desperta a curiosidade dos alunos em aprender de uma maneira diferente;
- ✓ Prepara o estudante para um futuro profissional em que a química computacional estará cada vez mais presente.

Contudo, o uso efetivo e proveitoso de computadores no ambiente escolar e acadêmico continua sendo um desafio, entre outros fatores, como já mencionado, devido ao despreparo dos professores que não consideram as *possibilidades e limitações* desses recursos didáticos (LOCATELLI; ZOCH; TRENTIN, 2015; SOARES; BARIN, 2014).

Diante disso, o processo de integração desses recursos didáticos, nas práticas docentes, tem passado pelas seguintes fases (TEJEDOR; GARCÁ; VALCÁRCEL, 2009):

- ✓ altas expectativas sobre as TICs para produzir inovação no processo de ensino e aprendizagem;
- ✓ aplicação e uso das TICs no ensino até que se integrem ao cotidiano.
- ✓ descoberta do pouco impacto e êxito educativo das TICs, devido à falta de meios, burocracia administrativa e formação insuficiente para uso;
- ✓ o interesse e entusiasmo caem.

Essa desilusão “quase amorosa” acontece porque o professor não considera que o impacto e o êxito da inserção do computador no ensino não estão na ferramenta em si, mas no uso didático que o docente faz dele. *“O professor precisa perceber se determinado recurso pode ou não contribuir com o que pretende desenvolver com seus alunos; não basta usar os recursos por modismo”* (GABINI; DINIZ, 2009, p. 15).

Pode ser que o uso da informática em determinada situação de ensino não seja a estratégia didática mais adequada, todavia isso não impede que o professor faça uso do computador em outro momento e alcance seus objetivos.

Por esta razão o verdadeiro desafio da educação não está na inovação tecnológica, mas sim na inovação pedagógica, que deverá incluir o uso das ferramentas didáticas mais apropriadas (entre elas as TIC), para elaborar atividades de qualidade para os estudantes sobre os parâmetros de modelos educativos construtivistas e colaborativos (TEJEDOR; GARCÁ; VALCÁRCEL, 2009, p. 117).

Dentre os diversos programas computacionais adotados no ensino de química, destacam-se o *PowerPoint®*, *Excel®* e *ACD/ChemSketch®*, pelas múltiplas possibilidades de uso, podendo servir como ferramentas importantes para a construção de didáticas inovadoras, enriquecendo a prática pedagógica e facilitando o desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos, uma vez que esses programas, principalmente o *PowerPoint®* e *Excel®*, fazem parte do meio sociocultural de muitos deles.

Os programas PowerPoint® e Excel® (Microsoft), hoje disponíveis em grande parte dos domicílios brasileiros, foram desenvolvidos para serem usados no mundo dos negócios, mais especificamente, para apresentações em forma de slides e para a construção de planilhas eletrônicas, respectivamente. O avanço tecnológico e a inserção das TICs no ensino e a facilidade de uso independente do acesso à INTERNET fazem com que esses programas sejam usados frequentemente para fins educativos (HUDSON; LUSKA, 2013; LUCENA; AZEVEDO, 2012; COX, 2011; HARRIS, 2011; MAIA, 2011; LINARES; NETO; CAPRI, 2011; PASSOS, et al., 2010; VIEIRA; FANTUZZI, 2009; MICHEL et al., 2004; SZABO; HASTINGS, 2000).

Quanto ao PowerPoint®, em particular, no ensino de Química, é comum que professores, principalmente, no ensino superior façam uso desse recurso. Entretanto, poucos são os trabalhos que relatam sua eficiência no processo de ensino e aprendizagem relativos a conteúdos dessa disciplina (HUDSON; LUSKA, 2013; LUCENA; AZEVEDO, 2012; ROSTEJNSKÁ; KLÍMOVÁ, 2011; COX, 2011; LINARES; NETO; CAPRI, 2011). Em geral, esse programa é usado de forma restrita às apresentações de slides, na maioria das vezes centradas no docente e sem interação com os alunos.

Diante disso, Szabo e Hastings (2000) concordam que embora o uso dessa ferramenta possa melhorar a aprendizagem, em alguns casos, ela está sendo usada apenas como uma forma de entretenimento para o aluno. Yu e Chen (2012) e Passos e colaboradores (2010) destacam o uso do PowerPoint® como software educacional multimídia que envolve recursos computacionais básicos, como: a utilização de botões de ação, navegação baseada em *hiperlinks*, sons, vídeos e efeitos de tela. Esses recursos são desconhecidos por muitos usuários, que deixam de explorar os benefícios oferecidos pelo programa.

Lucena e Azevedo (2012), conhecendo e fazendo uso desses recursos, desenvolveram um jogo virtual para auxiliar no ensino de química. Segundo os autores, o *design* gráfico do jogo foi aprovado pelos alunos e a ferramenta se mostrou eficiente, enquanto facilitadora do processo de ensino e aprendizagem.

As planilhas eletrônicas Excel®, programa para cálculos computacionais, são usadas para resolver equações matemáticas dos mais diferentes tipos, além de calcular e estruturar os

dados experimentais na forma de tabelas e gráficos, permitindo sua melhor organização, tratamento e interpretação dos dados. Diante disso, esse programa tem sido muito utilizado na resolução de problemas em química (DENARI; SACIOTO; CAVALHEIRO, 2015; HARRIS, 2011; MAIA, 2011; VIEIRA; FARTUZZI, 2009; MICHEL *et al.*, 2004).

Denari, Saciloto e Cavaleiro (2015) desenvolveram uma atividade onde alunos do curso de Bacharelado em Química, do Instituto de Química de São Carlos da USP, organizaram e projetaram graficamente, com auxílio do programa Excel[®], dados relativos a cálculos de equilíbrio químico. A atividade foi aplicada durante a disciplina Química Analítica Qualitativa e contribuiu para despertar o interesse dos alunos pelo tema abordado e para propor uma estratégia inovadora ao conteúdo clássico da disciplina.

Maia (2011), usando o Excel[®], desenvolveu um simulador de titulações ácido-base chamado de TITSIM (Titration Simulator) destinado a alunos do ensino superior de química. Esse programa simula o procedimento de titulação ácido-base, permitindo que seus fundamentos sejam ensinados, por meio do comportamento do gráfico quando os parâmetros do experimento são alterados. O programa também permite determinar a concentração molar de uma solução ácida.

Vieira e Fartuzzi (2009) desenvolveram diagramas e simulações utilizando o Excel[®] 2003, visando abranger as principais ideias envolvidas no estudo de problemas em Química Analítica. Para os autores, o uso de planilhas eletrônicas como o Excel[®] é fundamental para a compreensão mais aprofundada dos conceitos de Química Analítica.

No livro *Análise Química Quantitativa*, Harris (2011) aponta contribuições significativas das planilhas eletrônicas para a compreensão de curvas analíticas, análises estatísticas, curvas de titulação e problemas de equilíbrio. O autor sugere o uso do Excel[®] como uma ferramenta para a resolução de problemas de química analítica, a qual pode ser usada para os mais variados conteúdos de química.

Quanto ao ACD/ChemSketch[®], o programa está presente em duas versões, uma gratuita e a outra paga. Embora a versão paga disponibilize mais recursos e não apresente restrições, a versão gratuita contém interface compatível com a maioria dos editores de texto e

com a internet e disponibiliza recursos suficientes para contribuir de forma positiva com o ensino de Química. O programa possibilita desenhar fórmulas estruturais de compostos químicos, visualizá-las em três dimensões (3D), além de permitir a realização de cálculos de massa molar e distância entre ligações.

Por atender a diversas necessidades da química, esse programa tem sido utilizado para diversos fins no ensino dessa disciplina (PAULETTI, 2013; PAULETTI; CATELLI, 2013; SILVA; CORDEIRO; KIILL, 2013; SANTOS JUNIOR; FREITAS; TEXEIRA JUNIOR, 2012; RAUPP et al., 2010; FRANCISCO et al., 2008; FRANCO NETO; SILVA, 2008; FLORES; MÓL, 2006, entre outros).

Pauletti (2013) estudou a isomeria geométrica mediada pelo uso do ChemSketch[®] para desenhar estruturas, uma vez que o programa valoriza os ângulos das moléculas, os tamanhos e as cores, distinguindo cada átomo. Para a autora o uso de programas de simulação, como o ChemSketch[®], pode melhorar a visualização entre os três níveis de representação da Química (macroscópico, microscópico e simbólico), pois as moléculas criadas em duas dimensões podem ser convertidas para a forma tridimensional.

Silva, Cordeiro e Kiill (2013) elaboraram um jogo de tabuleiro visando contribuir para a aprendizagem dos conteúdos tabela periódica e funções inorgânicas, baseado no programa ChemSketch. Para os autores, o jogo desenvolvido, *Quiminvestigação*, representa um recurso viável para o ensino de química inorgânica e uma ferramenta auxiliar para o professor em sua prática pedagógica.

Uma metodologia alternativa, para o ensino de geometria molecular, utilizando o programa ChemSketch, foi proposta por Santos Júnior, Freitas e Teixeira Júnior (2012). Para os autores o uso do programa contribuiu positivamente para o desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem do conteúdo abordado, permitindo que os alunos percebessem detalhes sobre os diversos tipos de geometria molecular que não podiam ser visualizadas através de outros recursos didáticos, como o livro e a lousa.

Raupp e colaboradores (2010) investigaram o estudo e a compreensão de isomeria por estudantes de nível médio que utilizaram o software ChemSketch[®] para a construção de

modelos moleculares. O programa mostrou-se vantajoso para o processo de ensino e aprendizagem relacionado à isomeria e pode auxiliar na prática pedagógica de diversos conteúdos químicos.

Francisco e colaboradores (2008) ministraram um curso introdutório ao programa ChemSketch[®] para graduandos em Química do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista, Campos de Araraquara (IQ-UNESP), do qual participaram 18 alunos. Todos reconheceram a importância do programa computacional para auxiliar em diversas atividades, seja de cunho acadêmico, na indústria ou em aulas.

A utilização do programa ChemSketch[®] como recurso multimídia alternativo no ensino de Química Orgânica foi investigada por Flores e Mól (2006). Os autores verificaram que o programa representa uma ferramenta positiva no auxílio da construção de conhecimento da Química Orgânica. Além disso, eles enfatizaram a importância do professor como organizador e mediador para uma aprendizagem significativa, uma vez que, por si só nenhum recurso didático assegura sucesso na aprendizagem.

1.2 O Equilíbrio Químico no ensino de química

Entre os diversos tópicos da química, destaca-se o Equilíbrio Químico por ser apontado na literatura como um dos temas que oferecem maior dificuldade para o processo de ensino e aprendizagem no nível médio e superior (CAROBIN; CERRANO, 2007; FABIÃO; DUARTE, 2005; UEHARA, 2005), além de sua importância biológica e econômica, uma vez que controla vários fenômenos tanto nos organismos vivos como nas indústrias.

Equilíbrio Químico é um tópico da disciplina Química Analítica presente não apenas nos currículos dos cursos de Química (licenciatura e bacharelado), mas, também, em cursos como Biologia, Oceanografia, Engenharia Ambiental, Química de Materiais, entre outros. A Química Analítica Clássica se divide em: Química Analítica Quantitativa e Química Qualitativa. Esta última, na sua parte teórica, considera, geralmente, o equilíbrio químico,

envolvendo reações de ácido-base, de precipitação, de complexação e de óxido-redução (CALEFI, 2010).

O equilíbrio químico aplicado a sistemas ácido-base ocupa uma posição importante na química, por conta das inúmeras reações e procedimentos analíticos que envolvem esse sistema. Por isso, o estudo dos conceitos fundamentais desse conteúdo está presente tanto no ensino médio como nas primeiras disciplinas que o aluno tem contato no ensino superior, por exemplo, a disciplina de Química Geral.

Entre os principais problemas no processo de ensino e aprendizagem relacionados ao sistema ácido-base está a apresentação de conceitos sem aplicação prática e a resolução de inúmeras listas de exercício de caráter puramente algébrico e mecânico que não levam em conta o significado de tais conceitos.

Diante disso, propostas para o ensino conceitual da Teoria ácido-base tanto para o ensino médio (SILVA; SANTIAGO, 2012; CHAGAS, 1999) como para o ensino superior (SOUZA, 2016; CHAGAS, 2000), têm sido apresentadas.

Chagas (2000; 1999) propôs uma abordagem histórica para o ensino da Teoria ácido-base; enquanto Silva e Santiago (2012) acrescentaram à abordagem histórica o uso do programa computacional “Escala de pH”, que permite a simulação de testes de pH em diferentes substâncias para verificar o caráter ácido, básico ou neutro apresentado por elas. Souza (2016) desenvolveu vídeos de animação digital e fez uso do ambiente virtual de aprendizagem (AVA) como aliado ao ensino presencial de Química Analítica na qual a Teoria ácido-base foi abordada.

Visando a apropriação dos conceitos fundamentais para a resolução de cálculos e aproximações matemáticas, bem como para o desenvolvimento e análise de gráficos, envolvendo o equilíbrio químico, Vieira e Fantuzzi (2009) propuseram uma estratégia de ensino mediada pelo uso de planilhas eletrônicas.

Pesquisas recentes têm investigado as possíveis contribuições de atividades didáticas com o uso de *programas computacionais* para o processo de ensino e aprendizagem do tema Equilíbrio Químico (SOUZA, 2016; DENARI; SACIOTO; CAVALHEIRO, 2015; SILVA;

SANTIAGO, 2012). Contudo, poucos autores relatam o uso de programas computacionais em atividades didáticas relacionadas ao ensino e aprendizagem do tema supracitado. No Norte do país, pesquisas dessa natureza são escassas.

Capítulo 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo se inicia com uma abordagem sobre a pesquisa na perspectiva sociocultural. Em seguida, é apresentada a *Teoria da Ação Mediada*, destacando os principais conceitos da teoria que dão suporte a presente pesquisa. Por fim, são apresentadas pesquisas recentes que utilizaram a Teoria da Ação Mediada como aporte teórico para investigações relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem.

2.1 A pesquisa na perspectiva sociocultural

A busca por melhorias na qualidade da educação, visando atender as demandas do presente século aponta, entre outros, para a necessidade de aprimorar o conhecimento sobre o processo de ensino e aprendizagem. Uma área que tem trazido contribuições significativas para o conhecimento teórico sobre aprender e ensinar, apontando questões para o campo da pesquisa pedagógica é a psicologia na educação com seus diferentes enfoques (NUÑEZ; RAMALHO, 2004).

Entre os diferentes enfoques da psicologia na educação, destaca-se o enfoque sócio-histórico que se refere à teoria desenvolvida por Vigotski baseada na construção sócio-histórica ou histórico-cultural da mente (NUÑEZ; FARIA, 2004). Essa construção implica que para entender o funcionamento da mente humana, faz-se necessário considerar o contexto social e histórico-cultural em que o indivíduo está inserido, uma vez que o desenvolvimento humano é considerado um processo que se dá por meio das interações sociais (ROGOFF; CHAVAJAY, 1995).

As ideias de Vigotski têm inspirado pesquisas contemporâneas e gerado novas abordagens, como é o caso da abordagem sociocultural² (WERTSCH, 1998; 1991; ROGOFF, 1998). As pesquisas socioculturais da mente buscam entender o funcionamento da mente

² Wertsch (1991, p. 33) propõe o uso do termo sociocultural por utilizar, além das contribuições de Vigotski e seus colaboradores, contribuições de diversas disciplinas e escolas do pensamento para compreender a ação humana, sendo, portanto, mais adequado para a perspectiva contemporânea.

humana considerando o conjunto institucional, histórico e cultural na qual ela se insere. Para isso, a ação humana é tomada como unidade de análise, visando especificar como os instrumentos culturais existem e produzem seus efeitos (WERTSCH, 1998).

Rogoff e Chavajay (1995) destacam algumas ideias que perpassam por toda pesquisa sociocultural:

- ✓ A atividade ou ação humana como unidade de análise,
- ✓ O conceito de *mediação*,
- ✓ A ideia de que o processo de desenvolvimento envolve a análise de *diferentes planos de observação*.

Nesse contexto, a *mediação*³ representa a chave para que a ação e a própria natureza humana, sejam compreendidas, uma vez que toda ação humana envolve o emprego de instrumentos que são construídos socioculturalmente (WERTSCH, 1998).

A ação ocorre em diferentes *planos de observação* (microgenético, ontogenético, sociocultural e filogenético), que estão ligados intrinsecamente e as dimensões individual, social e cultural são consideradas inseparáveis. Diante disso, ainda que um plano seja priorizado durante a análise da ação, ele não pode ser interpretado sem que a influência dos demais seja considerada (ROGOFF; CHAVAJAY, 1995). Ribas e Moura (2006, p. 130) exemplificaram bem a relação entre os planos:

[...] ao se analisar microgeneticamente a responsividade materna em díades mãe-bebê, é preciso considerar que o processo se dá em um momento da ontogênese da mãe e do bebê (faz diferença se ele é recém-nascido ou tem seis meses), que as díades vivem em um determinado contexto cultural (em uma grande cidade ocidental, ou em uma aldeia de caçadores coletores), e são membros de uma espécie que tem uma história filogenética.

Nos últimos anos, a pesquisa sociocultural tem sido utilizada para responder questões envolvendo a atividade educacional no ensino de ciências, considerando o papel da interação

³ O tema *mediação* será abordado de forma mais aprofundada ao tratar das características da ação mediada na seção seguinte.

social no processo de ensino e aprendizagem (GIORDAN, 2004; 2005; 2013; MORTIMER; SCOTT, 2002; WERTSCH; SMOLKA, 1994).

Nessa perspectiva, a aprendizagem envolve a participação do aprendiz em atividades culturalmente organizadas que englobam o uso de instrumentos culturais (linguagem, livro, quadro, programas computacionais) e acontecem em contato com o outro, gerando avanços em suas habilidades e entendimentos (ROGOFF, 1998). O contato com o outro proporciona o encontro entre diferentes perspectivas culturais, onde ocorre a negociação de novos significados num processo mútuo de crescimento (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Os significados são oriundos das interações discursivas e o discurso está associado a um conjunto particular de ambientes culturais, históricos e institucionais. Por isso, as investigações sobre a aprendizagem, na pesquisa sociocultural, têm seu foco no *processo de significação* desenvolvido por meio dos modos de expressão verbal e não verbal (MORTIMER; SCOTT, 2002; WERTSCH; SMOLKA, 1994).

Nesse contexto, destaca-se a teoria sociocultural da ação mediada proposta por James Wertsch (1991; 1998; 1999), por ser considerada mais apropriada para investigar de que forma uma estratégia didática com auxílio de programas computacionais pode contribuir na significação de conceitos químicos e na prática pedagógica de professores em formação inicial.

2.2 A Teoria da Ação Mediada

Como mencionado anteriormente, os trabalhos de Vigotski trouxeram contribuições importantes para o desenvolvimento da pesquisa sociocultural. Seus trabalhos apresentam três temas principais que envolvem a *origem do desenvolvimento humano*, o *caráter social das funções mentais* e a *mediação da ação humana*.

Esses temas, que compõem o conjunto teórico de Vigotski para entender a ação humana, estão fortemente entrelaçados e trazem importantes contribuições para o estudo do

processo de significação de conceitos. Wertsch apropriou-se desse conjunto para desenvolver sua teoria, incorporando a ele ideias de outros teóricos, visando compreender a conexão entre os processos mentais e o cenário *sociocultural*.

Para entender a ação humana, Vigotski deu ênfase na linguagem, no pensamento e mais genericamente na “ação mediada”, já Wertsch focou na *ação mediada por ferramentas culturais*. Isso porque, para Wertsch a ação tipicamente humana é orientada por uma meta e para alcançá-la são empregados necessariamente *instrumentos mediadores*, tais como as ferramentas ou a linguagem que dão forma a ação de maneira essencial (WERTSCH, DEL RIO, ALVAREZ, 1998).

Essa escolha de Wertsch teve influencia direta do dramatismo de Kenneth Burke. Segundo Burke toda ação humana envolve o uso de símbolos e é considerada dramática por incluir o conflito, o propósito, a reflexão e a escolha. O dramatismo de Burke envolve observações como:

Para haver um **ato** deve haver um **agente**. Paralelamente, deve haver uma **cena** na qual o agente age. Para agir em uma cena, o agente deve empregar alguns meios, ou **instrumentos**, e pode ser chamado de um ato no sentido amplo do termo somente se houver um **propósito** [...] (BURKE 1969⁴ apud WERTSCH; DEL RIO; ALVAREZ, 1998, p. 22, grifos nossos).

De acordo com Burke, os elementos: ato, cena, agente, instrumentos e propósito são forças que agem e interagem para formar, estimular e organizar a ação de forma complexa. Por isso, para Burke, a análise multifocada e integrada da ação humana e de seus motivos só pode ser entendida através da vinculação desses cinco elementos (WERTSCH, 1999; WERTSCH; DEL RIO; ALVAREZ, 1998).

Burke define o *ato* como a ação ocorrida nos pensamentos ou nos fatos, a *cena* como a situação em que o ato acontece, o *agente* é aquela pessoa ou tipo de pessoa que realiza o ato, os *instrumentos* são os meios utilizados pelo agente para realizar o ato e o *propósito* é o motivo pelo qual a ação foi realizada (WERTSCH, 1999).

⁴ BURKE, K. A Grammar of motives. Berkeley, USA: Univ. California Press, 1969.

Dos cinco elementos propostos por Burke para entender a ação, Wertsch centrou-se nos *agentes* e seus *instrumentos* ou *ferramentas culturais*⁵, as mediadoras da ação. Wertsch (1999, p. 48-49) não descarta a importância dos demais elementos, mas escolhe iniciar a análise da ação pelos *agentes agindo com ferramentas culturais*, pois dessa forma:

- ✓ a análise precisará ir além da compreensão do agente individual para tentar entender as forças que configuram a ação humana;
- ✓ a relação entre agente e instrumento proporciona ideias importantes sobre o ato, a cena e o propósito;
- ✓ há um vínculo natural entre a ação (incluindo a ação mental) e os contextos culturais, institucionais e históricos nos quais a ação ocorre, visto que as ferramentas culturais são frutos da sociedade em um momento histórico específico.

Diante disso, à luz da Teoria da Ação Mediada o olhar do pesquisador deve ser posto inicialmente no *agente agindo com ferramenta cultural*. No caso particular deste trabalho, focou-se nos *licenciandos agindo com os programas computacionais (PowerPoint, Excel e ChemSketch)*. Nessa perspectiva, a ação ou interação se associou, à exploração dos programas computacionais pelos licenciandos com o objetivo de significar conceitos relacionados a equilíbrio ácido-base, por meio das atividades realizadas usando as ferramentas socioculturais escolhidas.

Nos termos de Burke, os princípios geradores dessa investigação podem ser definidos a partir das interações dos licenciandos (os agentes) com os programas computacionais (o instrumento), visando significar conceitos sobre equilíbrio químico aplicado a sistemas ácido-base (o ato ou ação) em um laboratório de informática (a cena) com o objetivo de descrever e analisar essas interações e as suas relações com o processo de elaboração de significados (a proposta).

⁵ Os termos instrumentos mediacionais, recursos mediacionais e ferramentas culturais são usados indistintamente ao longo do texto.

Nesse sentido, o conjunto teórico de Vigotski apropriado por Wertsch trouxe contribuições importantes para o desenvolvimento do método usado (atividades estruturadas), para investigar o processo de significação de conceitos químicos.

Esse processo inicia com a introdução e validação do conhecimento químico por meio de situações de ensino em que o aluno é direcionado a resolver problemas utilizando os conceitos estudados nas aulas (POSSO, 2010). As situações de ensino envolvem atividades estruturadas, mediadas por ferramentas culturais (linguagem, livro, programas computacionais, *etc.*) que apresentam etapas importantes para a caracterização do processo de significação de conceitos.

Na visão vigotskiana, os recursos mediacionais são importantes para o desenvolvimento e compreensão de qualquer atividade dirigida para um objetivo, como pode ser observado nas palavras de Vigotski (2008, p. 69-70, grifo nosso).

A questão principal quanto aos processos da formação de conceitos – ou quanto a qualquer atividade dirigida a um objetivo é a questão dos meios pelos quais essa operação é realizada. Quando se afirma, por exemplo, que o trabalho é induzido pelas necessidades humanas, esta explicação não é suficiente. Devemos considerar também o uso de instrumentos, a mobilização dos meios apropriados sem os quais o trabalho não poderia ser realizado. Para explicar as formas mais elevadas do comportamento humano, precisamos revelar **os meios pelos quais o homem aprende a organizar e a dirigir o seu comportamento.**

Os meios que organizam e dirigem o comportamento humano são denominados de *signos* e a operação com signos é considerada por Vigotski como a base da reconstrução das atividades psicológicas. Para que essa atividade seja compreendida faz-se necessário indicar a forma como os indivíduos usam os signos para mediar suas próprias ações e a dos outros. A linguagem, a escrita e o sistema de números são exemplos de signos (VIGOTSKI, 2007).

Vigotski enfatizou a natureza social dos signos e focou seus estudos nos sistemas de signos da linguagem, destacando a função comunicativa como a principal função da linguagem (WERTSCH, 1991). Para ele toda forma de ação humana deve ser concebida relacionada aos recursos mediacionais que são originados em resposta a uma série de forças sociais.

Os signos e instrumentos compõem os recursos mediacionais, sendo os signos usados para organizar o comportamento humano (WERTSCH; SMOLKA, 1994) e os instrumentos utilizados como um meio de trabalho para dominar a natureza. Tanto os instrumentos quanto os signos possuem uma gênese social e mudam a organização social e o nível de desenvolvimento cultural do indivíduo (VIGOTSKI, 2007).

Para Vigotski as funções mentais derivam da participação na vida social e o funcionamento mental pode ser entendido a partir de seus precursores genéticos do plano intermental (social), ou seja, qualquer atividade acontece primeiramente no plano externo para, posteriormente ser reconstruída internamente. Vigotski denomina essa operação externa reconstruída internamente de *internalização* (VIGOTSKI, 2007).

Internalizar operações, na visão de Vigotski, envolve uma relação de “transformação genética e da formação da consciência”, ou seja, os processos individuais não são cópias simples e diretas dos processos sociais, eles precisam ser transformados para que a internalização aconteça (WERTSCH; SMOLKA, 1994, p. 125, citando Wertsch e Stone, 1985)⁶.

No contexto da sala de aula, as transformações que envolvem o processo de internalização implicam que o aluno não aprende conceitos da mesma forma como estes são apresentados. Para que um conceito seja formado no plano individual ele precisa ser transformado, construído pelo aluno, a partir de suas vivências e experiências por meio de atividades estruturadas que possam ser reconstruídas e ocorrer no plano individual.

Além do processo de internalização, a ideia vigotskiana da origem social das funções superiores pode ser evidenciada por meio do conceito de zona de desenvolvimento proximal definida como:

a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais eficazes (Vigotski, 2007, p. 97).

⁶ WERTSCH, J. V.; STONE, C.A. The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions. En Culture, communication, and cognition, comp. WERTSCH, J. V., 162 – 179. Nueva York: Cambridge University Press.

Esse conceito implica que analisar o nível de desenvolvimento onde o indivíduo age com a ajuda do outro é tão importante quanto à análise do indivíduo operando sozinho. Segundo Wertsch (1991), a educação deveria vincular-se mais estreitamente ao nível de desenvolvimento proximal do que ao nível de desenvolvimento real.

Isso porque enquanto o nível de desenvolvimento real diz respeito a funções que já amadureceram, a zona de desenvolvimento proximal define as funções que poderão amadurecer com a ajuda do outro, fazendo com que o indivíduo alcance o desenvolvimento potencial.

Diante disso, faz-se necessário, além de escolher as ferramentas culturais apropriadas para o desenvolvimento de uma atividade, envolver o aluno em atividades participativas para que por meio da interação proporcionada por elas o aluno consiga alcançar pleno desenvolvimento.

Outro ponto importante das obras de Vigotski é a proposta da *confiança na análise genética ou evolutiva*, que trata da origem do desenvolvimento humano. Vigotski considera que, para haver a compreensão dos aspectos relacionados ao funcionamento mental, é necessário considerar a origem e as transições que ocorrem durante o desenvolvimento do indivíduo, considerando os diversos domínios genéticos, como a ontogênese, a microgênese, a história sociocultural e a filogênese (WERTSCH; SMOLKA, 1994; WERTSCH, 1991).

A analogia proposta por Vigotski entre a caracterização dos estágios de desenvolvimento humano e a formação de conceitos permite que o processo de significação de conceitos seja explicado pelo emprego dos meios mediacionais para a realização de tarefas específicas, uma vez que, o uso dos “meios representacionais” (ferramentas culturais) reflete a diferença básica entre as funções mentais superiores e elementares (VIGOTSKI, 2007; WERTSCH, 1991).

Todas essas propostas de Vigotski fazem com que Wertsch considere a mente como “algo que se estende além da pele” e a defina em função de suas propriedades essencialmente sociais e mediadoras (WERTSCH, 1991).

Por isso, na perspectiva da Teoria da Ação Mediada, para compreender a conexão entre os processos mentais e o cenário *sociocultural* deve-se considerar que a ação mental resulta inerentemente social em diversos aspectos, mesmo quando ela é realizada por indivíduos isolados, e que seu desempenho depende da ajuda de ferramentas, tais como computadores, linguagem ou sistemas numéricos. Quanto a isso Wertsch afirma que:

[...] em alguns aspectos, Vigotski não obteve êxito em proporcionar uma aproximação à mente genuinamente sociocultural, isto porque, fez pouco para investigar como os cenários históricos, culturais e institucionais específicos se vinculam com diversas formas de ação mediada (WERTSCH, 1991, p. 65, tradução nossa).

Diante disso, Wertsch recorreu às ideias bakhtinianas de *enunciado*, *voz*, *linguagem social* e *diálogo*. Essas ideias contribuem para a compreensão das análises de interações discursivas realizadas, por exemplo, em situações de sala de aula (WERTSCH; SMOLKA, 1994; WERTSCH, 1991).

Bakhtin considera o *enunciado* como a menor unidade portadora de sentido capaz de gerar uma resposta (BAKHTIN 2003). Quando um falante produz um *enunciado* pelo menos duas vozes podem ser ouvidas ao mesmo tempo. As muitas formas como essas vozes entram em contato são denominadas de “*dialogia*” (WERTSCH; SMOLKA, 1994).

O enunciado pode ser apresentado na forma oral e escrita e incorpora as vozes que antes estavam explicitamente representadas no plano interpsicológico. Por isso, o conceito de *voz* guarda a relação entre os processos sociais comunicativos e os processos mentais individuais (WERTSCH, 1991).

Os conceitos utilizados pelos aprendizes para resolver problemas geram enunciados carregados de outras vozes. No contexto da sala de aula, os conceitos químicos desenvolvidos pelos discentes, por exemplo, estão carregados de outras vozes (do professor, do material didático, dos seus pares, etc.). A caracterização da significação desses conceitos envolve a análise de cadeias de enunciados desenvolvidas durante as interações verbais, que ocorrem no decorrer das aulas, ou por meio do registro escrito decorrente de atividades estruturadas.

O enunciado possui uma natureza social, uma vez que trás sempre em sua construção partes do enunciado do outro, não podendo, portanto existir fora de um contexto social, como pode ser observado nas palavras de Bakhtin (2003, p. 272):

Todo falante é em si mesmo um respondente em maior ou menor grau: porque ele não é o primeiro falante [...] e pressupõe não só a existência do sistema da língua que usa, mas de alguns enunciados antecedentes – dos seus e alheios – com os quais o seu enunciado entra nessas ou naquelas relações [...] cada enunciado é um elo na corrente complexamente organizada de outros enunciados.

Os falantes que produzem os enunciados pertencem a grupos específicos e utilizam enunciados que são apropriados para “situações características de comunicações verbais”, dessa forma, todo enunciado envolve o uso de *linguagens sociais* e *gêneros discursivos* para assumirem seus significados (WERTSCH; SMOLKA, 1994; WERTSCH, 1991).

Os *gêneros discursivos* são tipos relativamente estáveis de enunciados elaborados em situações típicas de comunicação verbal. São exemplos de gênero discursivo “a curta réplica do diálogo cotidiano”, o relato familiar, documentos oficiais, entre outros (BAKHTIN, 1997, p. 280).

Esses gêneros são classificados em primários e secundários de acordo com a complexidade que apresentam, sendo os gêneros primários formas simples de enunciados e os gêneros secundários formas complexas; o discurso científico, por exemplo, é considerado um gênero secundário. Os gêneros secundários absorvem e transmutam os gêneros primários durante seu processo de formação (Ibidem, p. 282).

A *linguagem social*, por sua vez, é a linguagem característica de um grupo particular de falantes, como os jargões profissionais, linguagem de indivíduos em idade específica, entre outros. O vínculo entre os ambientes socioculturais e o funcionamento intermental e intramental acontece quando consideramos as *linguagens sociais* e os *gêneros discursivos* como recursos mediacionais, pois a natureza essencialmente sociocultural desses recursos permite que eles consigam trazer o sociocultural para dentro do mental (WERTSCH; SMOLKA, 1994, p. 131-132).

Para especificar como o funcionamento mental é moldado pelos vários recursos mediacionais empregados é fundamental identificar alguns gêneros de fala e linguagens sociais específicos. Como Bakhtin realizou relativamente pouco para a construção de uma tipologia dos gêneros do discurso, Wertsch recorreu a outros autores que interpretaram as afirmações de Bakhtin sobre a necessidade de compreender os fenômenos semióticos a partir da perspectiva de como as vozes entram em contato (WERTSCH; SMOLKA, 1994).

Lotman (1988⁷ citado por WERTSCH; SMOLKA, 1994), por exemplo, com a ideia do “dualismo funcional” trouxe importantes contribuições para essa discussão. Para ele todos os textos desempenham duas funções: a unívoca (transmissão de informação que envolve um sujeito ativo, transmissor, e um passivo, receptor) e a dialógica (criação de novos significados) (WERTSCH, 1991).

A função dialógica é a mais interessante para o estudo semiótico da cultura por apontar caminho para a compreensão da criação de significados que pode ocorrer tanto no plano de funcionamento intramental como no intermental. Lotman e Bakhtin concordam que a construção de significados ocorre através de uma interanimação dialógica, ou seja, um processo que envolve vozes múltiplas (Ibidem, p. 94-95).

Wertsch e Smolka (1994) afirmam que as enunciações propostas por Bakhtin servem às duas funções propostas por Lotman. Eles consideram essas funções como gêneros do discurso e, baseados na lei genética geral do desenvolvimento cultural de Vigotski, acreditam que diferentes formas de funcionamento intramental resultam de formas distintas do funcionamento intermental associadas a esses gêneros. Para Bakhtin a linguagem social e os gêneros do discurso são mediadores que organizam a ação comunicativa e ação mental (WERTSCH, 1991, p. 127).

Para o propósito de desenvolver uma aproximação sociocultural à ação mediada o ponto principal dos comentários de Lotman e Bakhtin é que o modelo de comunicação como transmissão não pode explicar adequadamente o processo de significação de conceitos (WERTSCH; SMOLKA, 1994).

⁷ LOTMAN, Y. M. Text within a text. *Soviet Psychology* 26 (3), 1988, p. 32 – 51.

Diante disso, faz-se necessário que em sala de aula seja dada ênfase na função dialógica, estimulando as transformações das informações, ou seja, as enunciações dos outros devem ser vistas como “estratégias de pensamentos para a criação de novos significados” (Ibidem, p. 136).

2.3 Características da ação mediada e das ferramentas culturais

Na perspectiva da ação mediada, a significação dos conceitos químicos desenvolvidos em sala de aula pode ser analisada por meio do uso que o sujeito faz das ferramentas culturais. Essa análise considera as características da ação mediada referentes ao *domínio* e a *apropriação*.

Nessa perspectiva, o uso das ferramentas se associa as habilidades que o indivíduo tem para realizar uma ação determinada, como, por exemplo, para resolver problemas de multiplicação. Enquanto, alguns agentes podem apresentar habilidades para realizar esses cálculos sem o auxílio de uma calculadora, outros se limitam a realizá-los apenas com o uso dessa ferramenta. Por isso, para Wertsch, “ao perguntar sobre o nível de habilidade de alguém, com frequência, estamos perguntando sobre a habilidade dessa pessoa em atuar com uma ferramenta cultural específica” (WERTSCH, 1999, p. 81, tradução nossa).

As habilidades necessárias para um agente atuar com determinada ferramenta surgem por meio do uso dos modos de mediação pelo agente. Para Wertsch, o processo de desenvolvimento de habilidades pode ser entendido a partir da perspectiva da internalização que é classificada do ponto de vista do *domínio* e da *apropriação*.

A ideia de internalização proposta Vigotski “[...] sugere uma imagem na qual os processos que ocorreram em um plano externo passam a ser realizados fora do alcance dos olhos, no plano interno” (Ibidem, p. 88, tradução nossa). Para Wertsch (1999, loc. cit.), nem sempre um processo que ocorre no plano externo é internalizado,

É interessante observar que muitas, talvez a maioria, das formas de ação mediada nunca avançam em direção a sua realização no plano interno. Isto

não significa que não haja importantes dimensões internas ou mudanças nas dimensões internas naqueles que realizam estes processos externos, senão que a metáfora da internalização é demasiado forte, já que implica algo que com frequência não ocorre.

É por esse motivo que Wertsch propõe o emprego dos termos domínio e apropriação ao referir-se a internalização. A ideia de domínio está relacionada ao uso de uma ferramenta com destreza pelo agente e pode ser aplicada, praticamente, a todos os casos de ação mediada. Nesses casos a ação que ocorre no plano externo não é internalizada pelo agente, ou seja, ele *sabe como* usar determinada ferramenta, mas não atribui significado a ela, não percebe a necessidade de aplicá-la em outras esferas de comunicação e atividade.

Para exemplificar a característica do domínio no contexto da sala de aula de química, Giordan (2008, p. 94) aponta o caso particular do uso de equações químicas empregadas pelo aluno, para resolver certos problemas, sem que ele reconheça a aplicabilidade das equações em outras disciplinas ou as utilize para interpretar informações veiculadas pela mídia ou fenômenos que ocorrem na cozinha de sua casa.

Uma vez que o agente atribui significado a determinada ferramenta, conseguindo aplicá-la em diferentes esferas de comunicação e de atividade, ele mostra que se apropriou dela (WERTSCH, 1999; WERTSCH; DEL RIO; ALVAREZ, 1998). Geralmente, os processos de domínio e apropriação de ferramentas culturais estão associados, porém nem sempre o agente que domina uma ferramenta irá apropriar-se dela.

O conceito de apropriação proposto por Wertsch deriva da teoria do enunciado de Bakhtin. Na visão bakhtiniana a linguagem e a palavra são entendidas desde o ponto de vista da tensão necessária e permanente entre o eu e o outro. Assim, falar implica esforço por parte do falante para apropriar-se da palavra do outro, fazendo-a, ao menos em parte, sua própria.

Diante disso, Wertsch (1999) sugere a resistência como um aspecto importante da apropriação. Segundo ele, todo processo de apropriação envolve resistência de alguma natureza, ou seja, o agente apropria-se de uma ferramenta cultural, porém o faz com a sensação de conflito e resistência.

Nesse sentido, a análise dos níveis de internalização e significação de conceitos em uma sala de aula de química envolve o desenvolvimento de atividades organizadas de ensino que permitam averiguar a habilidade com a qual o agente usa determinada ferramenta, como ou se ele consegue aplicá-la em diferentes esferas de comunicação e atividade e de que forma ele organiza a ação (POSSO, 2010).

Nesta pesquisa tanto os enunciados quanto os programas computacionais são considerados como ferramentas culturais. Além da caracterização das ferramentas culturais do ponto de vista do domínio e da apropriação, Wertsch, (1999, p. 50, tradução nossa) caracteriza a ação mediada e as ferramentas culturais da seguinte forma:

- ✓ A ação mediada se caracteriza por uma tensão irreduzível entre o agente e as ferramentas culturais;
- ✓ As ferramentas são materiais;
- ✓ A ação mediada serve a vários objetivos simultâneos;
- ✓ A ação mediada se situa em um ou mais caminhos evolutivos;
- ✓ As ferramentas restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação;
- ✓ As novas ferramentas transformam a ação mediada;
- ✓ As ferramentas, normalmente, são produzidas sem a intenção de facilitar a ação mediada;
- ✓ Os modos de mediação se associam com o poder e a autoridade.

A tensão irreduzível entre o agente e as ferramentas culturais está centrada na ideia de Vigotski de que a *ação humana*, tanto no plano individual como no social, está *mediada por instrumentos e signos*. Essa tensão implica em uma definição do elemento *agente* diferente daquela proposta por Burke. À luz da Teoria da ação mediada, o agente da ação não é o indivíduo que age isoladamente, mas o “indivíduo que opera com meios mediacionais”.

Isso implica que nem o agente, nem a ferramenta cultural tem poder em si mesmo. Assim como o agente depende da ferramenta para realizar qualquer ação *o poder da ferramenta está em seu uso pelo agente*.

Todas as ferramentas culturais são materiais, pois causam mudanças no agente. Essas mudanças ocorrem quando há uma interação entre agentes e ferramentas a tal ponto, que os agentes tornam-se capazes de aplicá-las em atividades específicas. Tais mudanças têm implicações importantes para a compreensão da forma como os processos internos chegam a ter existência e operar. Esses processos internos são representados pela habilidade do sujeito em usar determinada ferramenta (WERTSCH, 1999).

A ação mediada serve a múltiplos propósitos, apresenta vários objetivos simultâneos. Esses objetivos interagem e até mesmo entram em conflito, pois os objetivos do agente não se ajustam com precisão aos objetivos das ferramentas culturais. Os vários objetivos simultâneos estão relacionados ao *propósito* presente no dramatismo de Burke. Para Burke as ferramentas e os métodos servem aos mais diversos propósitos e neles está implícito o conceito de ato e agente. Wertsch acrescenta que a cena (contexto) também está implícita no propósito e que esse contexto sugere ou delimita os objetivos que serão realizados na cena (Ibidem, p. 60 -64).

A ação mediada se situa em um ou mais caminhos evolutivos, ou seja, está historicamente situada. Dessa forma, os agentes, as ferramentas culturais e a tensão entre eles apresentam um passado peculiar e estão em um processo constante de mudança. Essa característica nos aproxima da análise genética ou evolutiva proposta por Vigotski que pondera que é necessário considerar a *noção de desenvolvimento* para que haja a compreensão dos aspectos relacionados ao funcionamento mental do indivíduo e suas transformações.

A noção de desenvolvimento, segundo Wertsch, “é um atributo do sistema criado pela tensão irreduzível entre o agente e as ferramentas culturais” (WERTSCH, 1999, p. 66). Essa tensão sugere uma experiência particular do agente com um conjunto específico de ferramentas culturais proporcionadas pelo âmbito sociocultural. A história dessa experiência nos permite compreender o tipo de habilidade e inteligência que o agente possui (Ibidem, p. 69).

O uso de uma ferramenta específica pelo agente sugere a busca de um objetivo final ideal implícito na ação mediada. Para alcançar esse objetivo muitas vezes é mais significativo que o agente busque outra ferramenta ao invés de tentar aprimorar suas habilidades com uma

ferramenta determinada. Isso implica no desenvolvimento de novas ferramentas culturais para romper as limitações existentes na ação mediada.

Por esse motivo, as ferramentas restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação. Considerar o potencial das ferramentas utilizadas na ação humana é importante para que se entenda o motivo de algumas ferramentas serem escolhidas pelo agente em um conjunto de ferramentas disponíveis (WERTSCH, 1999).

De modo geral, o emprego das ferramentas culturais depende de fatores relacionados com antecedentes históricos e do poder e autoridade culturais ou institucionais. Toda ferramenta cultural tem sua limitação própria, embora uma ferramenta possa superar as limitações de outras (WERTSCH, 1999, *passim*).

Entre as diversas maneiras de transformar a ação mediada, Wertsch destaca a introdução de novas ferramentas culturais. Essa característica concorda com as ideias de Vigotski de que

Ao ser incluída no processo de conduta, a ferramenta psicológica (*signo*) altera todo o fluxo e a estrutura das funções mentais. Isso é feito ao determinar a estrutura de um novo ato instrumental, do mesmo modo como uma ferramenta técnica altera o processo de adaptação natural, determinando a forma das operações de trabalho (VIGOTSKI 1981, citado por WERTSCH, 1999, p. 77).

Uma vez que a ação humana é um processo que envolve, necessariamente, o uso de recursos mediacionais, a inserção de um novo recurso ou ferramenta cultural não gera apenas uma mudança quantitativa na ação humana, incluindo a ação mental. Essa inserção gera uma modificação no processo dinâmico da ação, causando uma transformação qualitativa no agente e na ação mediada (WERTSCH; SMOLKA, 1994; WERTSCH, 1999).

Essa mudança qualitativa pode ser observada, por exemplo, no uso da calculadora para a resolução de problemas de multiplicação. Ao inserir essa nova ferramenta na ação, ela não apenas torna o cálculo mais simples para o agente, ela permite uma série de questionamentos sobre a natureza da ação, entre elas, se esse tipo de cálculo pode ser considerado um caso legítimo de multiplicação.

Wertsch destaca que em certo sentido a ação pode ser a mesma, porém a organização sistêmica do agente com a ferramenta cultural termina sendo muito diferente, chegando a ser tão diferente que, em alguns casos, como no da multiplicação com o uso da calculadora, surge a dúvida se a ação é a mesma (WERTSCH, 1999).

Outra característica das ferramentas culturais propostas por Wertsch é que elas não são produzidas com a intenção de facilitar a ação mediada, mas sua produção gera consequências significativas. Para ele, uma análise da ação mediada sem o entendimento dos processos pelos quais a ferramenta cultural veio a existir torna-se incompleta.

As ferramentas culturais concretas usadas pelo agente são, em sua maioria, tomadas de contextos socioculturais bastante diferentes que configuram os modos de mediação que, por sua vez configuram a ação mediada. Por isso, a produção e o modo de consumo da ferramenta quando entendidos ampliam a visão da cena, proposta por Burke, tornando mais completo o estudo sociocultural (Ibidem, p. 100).

O poder e a autoridade estão relacionados ao cenário sociocultural que oportuniza o uso de ferramentas culturais específicas. Quando o agente recorre às ferramentas culturais adequadas suas ações adquirem poder e autoridade.

A escolha do agente pelas ferramentas envolve o privilégio de determinados aspectos e conhecimentos que implicam no surgimento de uma hierarquia dos meios mediacionais. Esse “privilégio” se refere, segundo Wertsch (1991, p. 146, tradução nossa) “ao fato de que um instrumento mediador, tal como uma linguagem social, se concebe como mais apropriada ou eficaz que outros em um determinado cenário sociocultural”. No ambiente da sala de aula, por exemplo, o uso da linguagem científica é privilegiado àquela de senso comum.

2.4 A Teoria da Ação Mediada e a Educação em Ciências no Brasil

Nos últimos anos, construtos da Teoria da Ação Mediada têm aportado investigações que visam, entre outros, compreender como ocorre a produção de significado nas diversas

situações de ensino de Ciências (TRAZZI, 2015; SESSA, 2013; CIRINO, 2012; PEREIRA, 2012; POSSO, 2010; GIORDAN, 2004; 2005; 2008).

Trazzi (2015), por exemplo, investigou a formação de conceitos relacionados à fotossíntese e respiração celular em uma turma da primeira série do ensino médio. A autora destaca a complexidade desses conceitos e aponta a importância do aprendizado de conceitos científicos subordinados a eles. Trazzi destaca que na maioria das vezes o ensino de um conceito sucede ao outro sem que o aluno tenha se apropriado do primeiro o que dificulta o processo de aprendizagem. A pesquisa também aponta o importante papel do professor na organização da ação mediada de forma a auxiliar o aluno a entender como um conceito se inter-relaciona com os demais.

Sessa (2013) buscou compreender a interação discursiva em atividades de campo realizadas na disciplina de Biologia, envolvendo alunos da sexta série do Ensino Fundamental. As explicações, envolvendo gestos e enunciados, construídas pelos estudantes, no sentido de favorecer a construção de significado, foram tomadas como ferramenta cultural. A análise das explicações apontou que a negociação de significados é favorecida pela articulação criteriosa entre práticas epistêmicas, padrões de interação e o uso de gestos nas atividades de campo.

Cirino (2012) considerou os Objetos de Aprendizagem⁸ como ferramentas mediadoras e buscou compreender como estudantes do Ensino Médio utilizando tais ferramentas elaboram significados relacionados aos conceitos de “radioatividade”. O autor destaca a arquitetura hipertextual e os conteúdos educativos de linguagens não convencionais, que permitem o acesso à informação de maneira não linear, como características dos Objetos de aprendizagem que, em ambiente de ensino, facilitam a elaboração de significados pelos alunos.

Pereira (2012) com o objetivo de compreender o problema da mudança conceitual no ensino de física quântica fundamentou seu trabalho na análise sociocultural proposta por Wertsch. As concepções, científicas e alternativas, em ciências foram tomadas pelo autor como uma forma de ação mediada e a análise dessa ação levou à proposta de um modelo

⁸ Cirino (2012) denomina de Objetos de Aprendizagem recursos computacionais destinados a auxiliar o aluno no processo de aprendizagem.

sociocultural de mudança conceitual baseado no uso de recursos textuais, especialmente, as explicações.

Posso (2010) caracterizou o processo de significação de conceitos relacionados à solubilidade dos materiais em um ambiente virtual de aprendizagem desenvolvido para alunos do ensino médio. A autora considera que a aprendizagem é um processo que depende da construção de significados e que esta deriva da interação social, do compartilhamento de significados e do uso consciente de ferramentas culturais, ocorrendo ao longo do processo histórico individual, podendo ser, portanto, investigada à luz da teoria da ação mediada.

Particularmente, sobre a abordagem sociocultural voltada para o ensino de Química, Giordan (2004, 2005, 2008) traz valiosas contribuições. Dentre elas, destaca-se a proposta do uso do computador como ferramenta cultural. Em sua principal obra: *Computadores e linguagens nas aulas de ciências*, o autor “propõe ações em que os aprendizes usam instrumentos culturais associados ao computador e as acompanha, buscando entendimento” (GIORDAN, 2008, p. 17). Foi a partir da leitura desta obra que se decidiu adotar a teoria da ação mediada como referencial teórico.

Capítulo 3 - MATERIAL E MÉTODOS

O capítulo se inicia com a apresentação da questão de pesquisa e dos objetivos específicos. Em seguida, apresenta-se a abordagem metodológica na qual essa pesquisa se enquadra e as etapas da pesquisa. Por fim, são apresentadas considerações sobre o curso desenvolvido para os licenciandos, os sujeitos de pesquisa e o laboratório de informática onde a pesquisa foi desenvolvida.

3.1 Questão de Pesquisa e Objetivos

Com o objetivo de oferecer abordagens alternativas ao ensino tradicional no processo de ensino e aprendizagem de química e considerando a importância que tem sido atribuída, nos últimos anos, ao uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como ferramentas socioculturais para auxiliar a ação do professor em sala de aula, propõe-se a seguinte questão de pesquisa:

- *Pautado na teoria da ação mediada, de que forma uma estratégia didática baseada no uso de programas computacionais pode contribuir para o aprendizado de conceitos químicos e para a prática pedagógica de professores em formação inicial?*

Para encontrar respostas à indagação apresentada, postulam-se os seguintes objetivos específicos:

1. *Investigar como se configura o uso dos programas computacionais no currículo do curso de Licenciatura em Química da UFAM;*
2. *Investigar como a configuração do currículo do curso de Licenciatura contribui para o preparo de professores que saibam fazer uso das tecnologias como ferramentas socioculturais em sua prática de ensino;*
3. *Organizar e aplicar uma estratégia didática que permita aos licenciandos trabalharem conceitos relacionados ao tema “equilíbrio ácido-base”, com o auxílio de programas computacionais, enquanto ferramentas socioculturais;*

4. *Investigar o domínio de conceitos relacionados a equilíbrio ácido-base ocorridos ao longo da estratégia didática;*
5. *Avaliar o domínio e a apropriação dos programas computacionais pelos licenciandos;*
6. *Avaliar como a apropriação dos programas computacionais, como ferramentas socioculturais, contribui para a prática pedagógica dos licenciandos.*

3.2 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa se caracteriza como um *estudo do tipo etnográfico*. Esse tipo de estudo preocupa-se com o significado das ações (SPRADLEY⁹, 1979 citado por ANDRÉ 1995) que são interpretadas considerando seu contexto cultural, além disso, dá ênfase no processo e não apenas nos resultados finais.

No campo da educação o foco está na descrição de linguagens e significados presentes no processo educativo, envolve observação participante, entrevistas intensivas e análise documental e o pesquisador representa o principal instrumento na coleta e análise de dados (ANDRÉ, 1995).

Esta pesquisa se desenvolveu na Universidade Federal do Amazonas, tendo como sujeitos de pesquisa discentes do curso de licenciatura em Química, que cursaram as disciplinas de Estágio Supervisionado I, II e III¹⁰, sem interrupções.

O primeiro contato com os discentes ocorreu durante a disciplina Estágio Supervisionado I, oferecida no primeiro semestre de 2014. Nessa oportunidade, a professora responsável pela disciplina apresentou a doutoranda responsável por este trabalho para a turma. A doutoranda expôs os objetivos do projeto de pesquisa e realizou um convite para que os interessados pudessem participar.

⁹ SPRADLEY, J. The ethnographic interview. Nova York, Prentice Hall, 1979.

¹⁰ Estágio Supervisionado I, II e III são disciplinas obrigatórias do Curso de Licenciatura da UFAM.

Dezessete discentes mostraram interesse e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), mas apenas treze participaram efetivamente do projeto, tornando-se sujeitos da pesquisa. Para manter contato com os participantes foi criado um grupo no aplicativo *WhatsApp Messenger*¹¹ chamado: Projeto TICs.

3.2.1 Etapas da pesquisa e instrumentos de coleta de dados

A pesquisa foi realizada em três etapas. Na primeira, ocorreu o *acompanhamento do planejamento do projeto de Ensino de Química* desenvolvido pelos sujeitos de pesquisa. Esse projeto é uma das atividades avaliativas das disciplinas de Estágio Supervisionado, devendo ser elaborado na disciplina Estágio Supervisionado II e planejado e aplicado, no Ensino Médio de escolas estaduais públicas da cidade de Manaus, durante a disciplina Estágio Supervisionado III.

Para a elaboração do projeto de Ensino de Química, a professora responsável pela disciplina Estágio Supervisionado II¹² apresentou algumas abordagens alternativas ao ensino tradicional para auxiliar na prática pedagógica dos licenciandos. Os discentes podiam utilizar a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), Tecnologia de Informação e Comunicação (TICs), Jogos didáticos e a Experimentação Investigativa.

O instrumento de coleta de dados utilizado nesta etapa foi a *entrevista semiestruturada*. A elaboração e aplicação desse instrumento seguiram indicações de Lüdke e André (1986). As entrevistas foram realizadas ao final dos encontros de acompanhamento do Projeto de Ensino que aconteceram em junho de 2015. Nesses encontros a professora responsável pela disciplina recebia os alunos de forma individual e, ao final do encontro, a doutoranda responsável por este trabalho realizava as entrevistas.

Foram promovidos vinte encontros, nos quais onze discentes foram entrevistados (dois discentes não puderam participar desta etapa). Por meio dessas entrevistas, pretendeu-se compreender o motivo pelo qual os licenciandos escolheram ou deixaram de escolher as tecnologias em suas propostas de ensino.

¹¹ Aplicativo de mensagens multiplataforma que permite trocar mensagens pelo celular sem pagar por SMS.

¹² As disciplinas Estágio Supervisionado I, II, III e IV foram ministradas pela mesma professora.

Tal compreensão é importante, uma vez que, para realizar uma ação mediada por ferramentas socioculturais em diferentes esferas de comunicação e atividade, o agente (aqui, o licenciando) precisa ter se apropriado das ferramentas (tecnologias) o que aponta uma experiência prévia entre os agentes e as ferramentas culturais.

Nesse sentido, faz-se importante a análise do contexto institucional referente ao uso de programas computacionais pelos licenciandos, ou seja, é importante saber se o curso de Licenciatura em Química da UFAM tem proporcionado experiências significativas entre os futuros professores e as tecnologias. Para ajudar nessa compreensão, além das entrevistas semiestruturadas realizadas nessa etapa, recorreu-se a pesquisa documental.

Os documentos analisados foram o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amazonas e os Planos de Ensino de 36, das 41 disciplinas obrigatórias, oferecidas pelo curso no período de 2013/2 e 2014/1. O PPC analisado foi elaborado e aprovado em 2004 e passou a vigorar em 2005¹³.

As entrevistas foram transcritas seguindo indicações de Silva e Mortimer (2016). O registro da pontuação visou uma aproximação da linguagem oral. O Quadro 4.1 apresenta características específicas da transcrição das entrevistas e seus respectivos códigos.

Quadro 3.1 - Característica da transcrição e seu respectivo código.

Característica da fala	códigos
Mudança de tom, indicando pergunta	(?) ¹⁴
Mudança de tom, indicando exclamação	(!) ⁴
Inferência do pesquisador	()
Elucidação de falas lacunares ou menção a elementos da situação extraverbal	(())
Pequena pausa	/
Pausas demoradas	(())
Início e fim de duas falas simultâneas	[]
Discurso interrompido pela próxima intervenção	//

¹³ No ano de 2015, um novo PPC foi aprovado e já está vigente. Contudo, como os participantes da pesquisa

¹⁴ Os parênteses () no ponto de interrogação e exclamação também indicam inferência do pesquisador.

Para a análise dos documentos e dos dados gerados pelas transcrições das entrevistas, foi utilizada a metodologia da Análise Textual Discursiva abordada por Moraes e Galiuzzi (2007). O uso da análise textual na pesquisa qualitativa tem crescido nos últimos anos, devido à possibilidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos envolvidos nos diversos materiais da pesquisa, sejam eles documentos, entrevistas ou observações.

No corpo do texto, para as citações das entrevistas, optou-se por utilizar a letra L de licenciando, seguida do número correspondente a ordem do entrevistado na primeira etapa da pesquisa, por exemplo: [L01] que corresponde ao primeiro licenciando entrevistado. Essa representação foi mantida durante todo trabalho. Dessa forma, o Licenciando que foi denominado de L01 permaneceu com a mesma denominação nas demais etapas da pesquisa.

A segunda etapa do projeto foi o *desenvolvimento e a aplicação de um curso para os licenciandos*, utilizando conceitos relacionados ao conteúdo “*Equilíbrio Químico*”, aplicado a sistemas ácido-base (ferramentas não materiais) e programas computacionais (ferramenta material). Os programas escolhidos foram o Excel[®], Power Point[®] (Microsoft) e ACD/ChemSketch[®].

Os instrumentos de coleta de dados utilizados durante o curso foram:

- 1) Sete fichas de atividades (APÊNDICE A a G),
- 2) Videogravação,
- 3) Entrevista semiestruturada (APÊNDICE H).

Objetivou-se, através das fichas de atividade, identificar se houve *domínio dos conceitos relativos a equilíbrio ácido-base e, paralelamente do uso de programas computacionais*. A videogravação ocorreu durante todo o curso, visando recolher interações entre os alunos e a doutoranda, entre alunos e alunos e entre alunos e programas computacionais. As entrevistas semiestruturadas foram realizadas ao final do curso de forma individual, com o objetivo de colher informações sobre as possíveis contribuições da sequência didática desenvolvida no curso para o uso de programas computacionais pelos licenciandos em suas práticas pedagógicas.

A terceira etapa consistiu na *apresentação, por parte dos discentes, de uma estratégia didática envolvendo o uso de um dos programas computacionais* utilizados no curso para auxiliar na sua prática durante o desenvolvimento do projeto de Ensino nas escolas.

O instrumento de coleta de dados utilizado nessa etapa foi a videogravação com o objetivo de observar se o uso dos programas computacionais, no aprendizado de um tema específico da química, proporcionou uma interação entre licenciandos e programas computacionais a ponto dos futuros professores se sentirem capazes de aplicá-los em sua prática pedagógica.

Os dados provenientes das transcrições tanto das entrevistas quanto das aulas ministradas no curso, bem como as respostas dos licenciandos às fichas de atividades, encontram-se em anexo no *cd-rom*, na pasta *Transcrições e Resultados das atividades*, respectivamente.

3.3 O Curso ministrado para os licenciandos

O curso foi realizado no laboratório de Informática da UFAM, nos meses de junho e julho de 2015 e foi ministrado para duas turmas diferentes nos turnos diurno e noturno. O objetivo do Curso foi desenvolver uma sequência didática que promovesse o contato entre os licenciandos e as ferramentas culturais (programas computacionais/ conceitos químico), que permitisse a caracterização do processo de significação de conceitos a partir da interpretação do processo de internalização, do ponto de vista do domínio e da apropriação, das ferramentas culturais pelos sujeitos de pesquisa.

Esperava-se que, ao final do curso, o licenciando tivesse domínio e se apropriasse dos conceitos desenvolvidos e dos programas computacionais utilizados de forma que essas ferramentas pudessem ser usadas, futuramente, como facilitadoras na transposição dos conhecimentos científicos para conceitos escolares.

Os programas computacionais PowerPoint®, Excel® e ChemsSketch® foram adotados como ferramentas culturais para serem usadas durante o curso, uma vez que esses programas

apresentam múltiplas possibilidades de uso e podem ser usados *offline*, o que facilita o uso na UFAM já que a Instituição apresenta constantes quedas do sinal de Internet e, além disso, os programas PowerPoint®, Excel® e ChemSketch® podem ser aplicados para diversos temas da Química, o que justifica nossa escolha.

O minicurso foi desenvolvido baseado no Modelo Topológico de Ensino que está alicerçado teoricamente na teoria da Ação Mediada. Esse modelo é composto por três eixos que organizam o ensino na sala de aula, são eles: a *atividade de ensino*, *conceito* e *tema* (GIORDAN, 2008).

A atividade de ensino consiste nas ações realizadas por meio de atividades estruturadas, que supõem formas de interação entre os agentes (aluno/aluno, aluno/pesquisador), o propósito da atividade e o ato em si.

Os conceitos são formas de pensamento da ciência dos quais os alunos se apropriam, quando as ações mediadas na sala de aula alcançam seu objetivo (promover e ampliar a visão de mundo dos alunos), a apropriação dessas ferramentas culturais (conceitos) permite que elas sejam usadas pelos alunos em um cenário convenientemente construído.

O tema é o elemento capaz de ampliar a visão de mundo do aluno na medida em que ele se depara com realidades diferentes daquelas do seu cotidiano. A ampliação ocorre quando há um choque entre as ferramentas culturais empregadas no cotidiano e aquelas usadas na sala de aula.

Diante disso, foram desenvolvidas sete atividades estruturadas envolvendo os conceitos de equilíbrio químico aplicado a sistemas ácido-base. Esses conceitos são fundamentais para o avanço na apropriação dos conhecimentos químicos.

Em Química Analítica, por exemplo, considera-se o efeito do pH em reações químicas envolvendo formação de complexos ou reações de oxido-redução. O pH pode afetar a conformação e as cargas das moléculas, determinando, por exemplo, quais moléculas podem ser separadas de outras em cromatografia e eletroforese, ou quais serão detectadas em espectrometria de massas (HARRIS, 2011).

Entender o comportamento dos ácidos e bases também é essencial para outras áreas, como a bioquímica, geologia, oceanografia, entre outras. Ademais, a aplicação de conceitos como pH e a interação ácido-base, estão inseridos no tema Química e Hidrosfera, que constitui um dos nove temas estruturadores do Ensino de Química sugeridos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais.

A temática escolhida foi o “encontro das águas” (Figura 1), como é popularmente chamada a confluência entre os Rios Negro e Solimões, que formam o Rio Amazonas, uma das principais atrações turísticas da cidade de Manaus.

Figura 3.1 - Vista aérea do “encontro das águas” na cidade de Manaus.

Fonte: REGO JÚNIOR (2015)¹⁵.

Esse tema permite a integração entre os conteúdos de Química e as correlações entre a química e áreas afins, objetivando a interdisciplinaridade, como propõe as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (BRASIL, 2001) no parecer CNE/CES 1.303/2001.

¹⁵ Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/ultimas-noticias/4437-quando-a-cor-da-agua-e-um-atrativo-turistico.html>. Acesso em: Outubro de 2016.

Há uma relação entre o tema e o currículo do ensino médio o que desperta o interesse do licenciando, uma vez que ele poderá futuramente reinterpretar o tema para os contextos escolares. Além disso, o tema aborda um fenômeno regional conhecido mundialmente e com grande apelo como atrativo do interesse para o conteúdo e a explicação do fenômeno.

Isso porque, aproximadamente 15% da água que o Rio Amazonas desagua no Oceano Atlântico provem do Rio Negro, considerado um dos maiores rios do mundo. O Negro drena 10% dos 7 milhões de quilômetros quadrados da bacia Amazônica, passando por seu leito uma quantidade de água maior do que aquela que corre em todos os rios da Europa, juntos (ZEIDEMANN, 2001, p. 63).

Contudo, suas águas são ácidas (pH entre 3,8 a 4,9) e pobres em nutrientes. Essa acidez elevada deve-se à presença de grandes quantidades de substâncias orgânicas dissolvidas, provenientes da decomposição da matéria orgânica de origem predominantemente vegetal que chega ao rio, principalmente, através do escoamento superficial das águas da chuva.

Embora, o Rio Negro, como o próprio nome diz, apresente águas escuras, a penetração de luz na coluna d'água chega a 2,30 m de profundidade, devido à baixa quantidade de sólidos em suspensão que são carregados por essas águas.

O Rio Solimões, por sua vez, apresenta águas brancas, ricas em material em suspensão e sais dissolvidos provenientes dos Andes e da erosão dos sedimentos encontrados ao longo das bacias de drenagem. Dessas águas disseram Queiroz e colaboradores (2009, p. 944) “O pH é próximo a 7, são relativamente ricas em Ca^{2+} e HCO_3^- , o que as classifica como carbonatadas”.

O pH das águas do Rio Negro varia de 4,9 (sem influência das águas do Rio Solimões) para próximo de 7 após 100% da mistura (LEENHEER; SANTOS, 1980). Sabe-se que o pH exerce influência direta na distribuição de espécies químicas nos ambientes aquáticos. Entender a influência do pH na distribuição de espécies envolve a construção e interpretação de gráficos, o uso de equações químicas, a aplicação de fórmulas. Além disso, envolve a apropriação de conceitos como ácidos monopróticos, polipróticos, entre outros, que precisam ser aplicados em diferentes esferas.

O uso dessa diversidade de meios mediacionais (gráficos, equações, conceitos) aplicados a um tema específico permite que um fio condutor seja mantido na sequência de ensino e desta forma é possível obter evidências quanto ao processo de elaboração de significados e de apropriação dos programas computacionais pelos licenciandos.

Diante disso, o curso foi estruturado conforme o Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Cronograma do curso Tecnologias e ensino de Química.

	Atividades estruturadas	Duração/hora	Metodologia
01	Apresentação do Projeto de Pesquisa: Questão de pesquisa e metodologia A escolha dos programas Cronograma do Curso	30 min	Apresentação com uso do <i>Power Point</i> [®]
02	Introdução ao tema: Equilíbrio químico no Encontro das Águas: o que você sabe sobre isso?	30 min	Apresentação de vídeo (CD) Aula expositiva com auxílio do <i>Power Point</i> [®]
03	Desenvolvendo mapas conceituais: pH e acidez das águas/ Teorias ácido base	1h	Aula prática – <i>Power Point</i> [®] Aplicação da Atividade 1 (Apêndice A)
04	Desenvolvendo conceitos: pH e acidez das águas/ Teorias ácido base	1h 30 min	Aula prática – <i>Power Point</i> [®] Aplicação da Atividade 2 (Apêndice B)
05	A acidez no Rio Negro: pH e acidez das águas/ Teorias ácido base	30 min	Aula expositiva com auxílio do <i>Power Point</i> [®]
06	Ácidos e bases monopróticos e polipróticos Par ácido - base conjugado	2 h	Aula prática – <i>ChemSketch</i> [®] Aplicação da Atividade 3 (Apêndice C)
07	Variações de pH no encontro das águas	1 h	Aula prática – <i>Power Point</i> [®]
08	pH no encontro das águas: construindo gráficos	3 h	Aula prática – <i>Excel</i> [®] Aplicação da Atividade 4 (Apêndice D)
09	Algumas considerações sobre pH	30 min	Aula expositiva com auxílio do <i>Power Point</i> [®]
10	Aplicando conceitos relacionados a pH	1h 30 min	Aula prática – <i>Excel</i> [®] Aplicação da Atividade 5 (Apêndice E)
11	Entendo a distribuição de espécies químicas	1 h	Aula expositiva com auxílio do <i>Power Point</i> [®]
12	A distribuição de espécies químicas no encontro das águas	3 h	Aula prática – <i>Excel</i> [®] Aplicação da Atividade 6 (Apêndice F)
13	Revedo conceitos	2 h	Aula prática – <i>Power Point</i> [®] Aplicação da Atividade 7 (Apêndice G)
14	Empregando os programas computacionais na prática pedagógica	1 h	Apresentação dos licenciandos com o uso do programa escolhido
15	Encerramento do curso	1 h	Entrevista semiestruturada
	Total	20 h	

3.4 Os sujeitos de pesquisa

Como mencionado anteriormente, os participantes da pesquisa foram os discentes que cursaram as disciplinas de Estágio Supervisionado I, II e III sem interrupções. No início da pesquisa esses licenciandos estavam cursando entre o 6º e 8º período do curso. Para identificá-los, no corpo do texto, optou-se por utilizar a letra **L** de licenciando, seguida do número correspondente à ordem das entrevistas semiestruturadas realizadas na primeira etapa. Dessa forma, por exemplo, o primeiro licenciando entrevistado na primeira etapa da pesquisa recebeu a identificação **[L01]**, o segundo **[L02]** e assim sucessivamente. A denominação recebida pelos licenciandos na primeira etapa da pesquisa foi mantida nas demais etapas.

3.5 O laboratório de Informática do Curso de Licenciatura em Química da UFAM

Quando chegamos à UFAM, no primeiro semestre de 2014, o Laboratório de Informática do Departamento de Química era um espaço usado por alguns professores para ministrar aulas expositivas. Os computadores que o departamento recebeu estavam empilhados em uma das bancadas e as demais bancadas estavam vazias.

Segundo o Professor Responsável pelo laboratório, havia problemas nas instalações elétricas do laboratório e o local também não tinha acesso à Internet. Após esses problemas terem sido resolvidos os computadores foram instalados nas bancadas, porém os computadores estavam bloqueados com uma senha desconhecida até pelo responsável do laboratório. Após inúmeras tentativas, descobriu-se a senha dos computadores. Eles estavam instalados com o sistema Linux e não se tinha permissão para instalar outro sistema ou programas computacionais.

Diante disso, conversou-se com os licenciandos e percebeu-se que apenas dois deles não possuíam computador portátil, então foram disponibilizados dois computadores emprestados e decidiu-se que cada um usaria seu computador pessoal. Utilizou-se apenas o espaço físico do laboratório de informática que continua inativo até o presente momento.

Capítulo 4 - O CONTEXTO INSTITUCIONAL DA AÇÃO INVESTIGADA

Este capítulo se inicia com a análise do currículo prescrito do curso de licenciatura em Química da UFAM. Essa análise considera a presença das TICs no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) e nos Planos de Ensino (PE) das disciplinas¹⁶. Em seguida, apresenta-se a análise do currículo vivido, considerando os depoimentos dos licenciandos sobre a prática em sala de aula.

Conhecer o contexto institucional referente ao uso de programas computacionais (ferramentas socioculturais), à luz da teoria da ação mediada, é necessário para compreender adequadamente os “agentes agindo com as ferramentas culturais”, ou seja, é importante saber se o curso de Licenciatura em Química da UFAM tem proporcionado experiências significativas entre os futuros professores e as tecnologias.

4.1 As tecnologias de Informação e Comunicação no currículo prescrito do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amazonas

O curso de Licenciatura em Química (LQ) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) foi autorizado a funcionar no ano de 1963 e teve seu reconhecimento estabelecido nove anos depois. O currículo do curso já passou por cinco reformulações, a última foi implementada neste ano. O PPC analisado neste trabalho é aquele do ano de 2004, o qual foi elaborado e aprovado em 2004, tendo passado a vigorar com turma de 2005 e esteve vigente por dez anos na Instituição, até o ano de 2015, quando um novo PPC entrou em vigor.

Visando adequar o curso de LQ da UFAM às normativas legais, o PPC de 2004 aponta que sua organização se dá a partir e em torno de pressupostos e princípios fundamentados na Lei Nº 9394/96, de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e nas novas Diretrizes Curriculares para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, Curso de Licenciatura, de graduação plena, como pode ser observado no texto do PPC,

¹⁶ Os Planos de Ensino investigados foram aqueles das disciplinas ofertadas no segundo semestre de 2013 e primeiro semestre de 2014.

A proposta de reestruturação do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que ora apresentamos, contempla adaptações e inovações que se fazem necessárias para **atender às novas Diretrizes Curriculares para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, Curso de Licenciatura, de graduação plena** (p. 4. Grifo nosso).

A primeira expressão referente às tecnologias no texto do PPC está relacionada à preocupação com essa adequação.

Adequar-se a esta nova concepção educacional [imposta pelos documentos oficiais] não será uma tarefa fácil, pois além da reformulação curricular ora proposta e da utilização de novas tecnologias, será necessário estimular uma profunda mudança na postura e na prática pedagógica dos docentes formadores do futuro Professor de Química (p. 4. Grifo nosso).

A expressão “utilização de novas tecnologias” destacada acima é fundamental para a adequação do curso à nova concepção educacional imposta pelos documentos oficiais, isto porque a LDB destaca a compreensão da tecnologia como um dos meios para alcançar o objetivo de formação básica do cidadão, desde o ensino fundamental.

Art. 32º. O ensino fundamental, com duração mínima de oito anos, obrigatório e gratuito na escola pública, terá por objetivo a formação básica do cidadão, mediante: [...] a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, **da tecnologia** [...] (p. 12, Grifo nosso).

Esta nova concepção, insere aspectos de ordem institucional e política na prática do professor, que precisa deixar de se ver no processo de ensino e aprendizagem como o produtor individual do conhecimento e entender que sua prática se configura a partir de uma trama social complexa e contraditória que requererá uma atitude reflexiva e crítica constantemente (SERRÃO, 2012).

A preocupação em adequar o curso as alterações impostas pelos documentos oficiais, no que diz respeito às tecnologias na formação de professores, pode ser percebida em outro trecho do PPC.

[...] para atender a esses princípios propostos pela LDB, as ações executadas visaram contemplar: [...] uma **nova perspectiva tecnológica** para propiciar situações de aprendizagem centradas em situações-problema; [...] **uso do computador como recurso didático em conteúdos curriculares e; uso do computador como recurso tecnológico** de aquisição de informação e atualização através da **Internet, softwares educativos e aplicativos computacionais** (p. 5. Grifo nosso).

Os demais trechos que fazem referência às TICs no PPC estão relacionados com o perfil do profissional a ser formado, como pode ser observada na descrição das competências e habilidades propostas para o egresso do Curso, que **com relação ao núcleo técnico deve:**

[...] acompanhar as rápidas **mudanças tecnológicas** oferecidas pela interdisciplinaridade, como forma de garantir a qualidade do ensino de Química; [...] acompanhar e compreender os **avanços científico-tecnológico** educacionais; Saber identificar e pesquisar nas fontes de informação relevantes para a Química, inclusive as disponíveis nas **modalidades eletrônica** e remota, que possibilitem a contínua atualização técnica, científica, humanística e pedagógica; [...] Possuir conhecimentos básicos do **uso de computadores** e sua aplicação em ensino de Química (p. 21. Grifo nosso).

Com relação ao núcleo pedagógico, **o egresso deve** “compreender e avaliar criticamente os aspectos sociais, *tecnológicos*, ambientais, políticos e éticos relacionados às aplicações da Química na sociedade” (p. 22. Grifo nosso).

O curso oferece quarenta e uma disciplinas, sendo 18 delas (1140 h/aula) no campo da Química, 4 delas no campo das disciplinas pedagógicas (240 h/aula), 2 disciplinas no campo da física (180 h/aula), 3 disciplinas no campo da Matemática (180 h/aula), 4 disciplinas no campo dos Fundamentos Filosóficos e Sociais (180 h/aula), 6 disciplinas relacionadas a Prática como Componente Curricular (405 h/aula) e 4 disciplinas de Estágio Supervisionado (405 h/aula).

A análise do ementário aponta, entre essas, apenas quatro disciplinas que fazem referência ao uso das tecnologias, como pode ser observado no Quadro 4.1, ficando o uso das TICs nas demais disciplinas a critério do professor formador.

Quadro 4.1- Disciplinas que fazem referência ao uso das TICs no PPC do curso de LQ da UFAM

Disciplina	Objetivos
Informática aplicada a Química	“capacitar os alunos de Química na <i>utilização de técnicas computacionais</i> . Utilizar <i>programas de computadores no ensino de temas de Química</i> ” (p. 68, Grifo nosso).
Introdução ao processamento de dados	“introduzir os <i>conceitos associados à informática</i> e a sua utilização em um contexto de suporte às atividades do aluno e do futuro profissional” (p. 74, Grifo nosso).
Cálculo diferencial e integral A	“[...] <i>utilizar programas computacionais</i> para cálculos algébricos e aproximados, visualizações gráficas e experimentos computacionais” (p. 47, Grifo nosso).
Cálculo diferencial e integral B	“[...] <i>utilizar programas computacionais</i> para cálculos algébricos e aproximados, visualizações gráficas e experimentos computacionais, ligados à teoria da integração e às equações diferenciais ordinárias” (p. 48, Grifo nosso).

Diante disso, recorreu-se à análise dos planos de ensino. Foram analisados os planos de 36 disciplinas obrigatórias. Ficaram de fora da análise os PEs das disciplinas: História da Química, Fundamentos da Educação, Legislação do Ensino Básico, Introdução ao Processamento de Dados e Problemas Educacionais na Região Amazônica; pois não foram encontrados nos arquivos disponibilizados pela secretaria do curso.

As disciplinas Informática Aplicada à Química (2013/2) e Cálculo Diferencial e Integral A (2013/2) repetem, no PE, o objetivo da ementa do PPC, no que se refere ao uso das TICs (Quadro 4.1). A disciplina Informática Aplicada à Química inclui, como conteúdo programático adicional, o uso de planilhas eletrônicas, especificamente, do programa Excel[®]. O PE da disciplina Cálculo Diferencial e Integral B (2014/1) não cita as TICs, embora elas apareçam no ementário do PPC, como apresentado no Quadro 4.1.

Entre as disciplinas que não fazem referência às TICs na ementa do PPC, 28 apresentam no PE as TICs na seção “Equipamento didático auxiliar”. Os recursos tecnológicos mencionados nos PE, o número de disciplinas nos quais aparecem e a porcentagem entre os PE analisados podem ser observados no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Recursos tecnológicos que constam nos Planos de Ensino

Recursos tecnológicos	Nº	%
Data Show /Projektor multimídia	26	72
Computador /Notebook/ Laptop	6	17
Retroprojektor	3	8
Sites da internet	3	8
Ambiente virtual de Aprendizagem	1	3
Web	1	3
Vídeos	1	3

O Projetor Multimídia (*Data Show*) foi o recurso didático mais encontrado nos PE. Sabe-se que o programa computacional mais utilizado em associação com esse equipamento têm sido o PowerPoint®, porém, o uso desse programa pelos professores formadores não garante o domínio e apropriação dele por parte dos licenciandos. Isso porque na maioria das vezes, essa prática docente é baseada na exposição oral com o foco no professor, que “controla” o ritmo e o resultado da exposição de seus conhecimentos.

Embora haja uma disciplina específica para o uso das TICs, parece não haver uma continuidade no uso dessas ferramentas ao longo do curso, pois não foi observada relação entre essa disciplina e as demais. Para Tardif (2000), disciplinas pedagógicas fechadas em si mesmas e de curta duração têm pouco impacto sobre os alunos.

4.2 Considerações dos licenciandos sobre o uso das TICs na prática pedagógica

A análise das entrevistas com os licenciandos apontou que, dentre as quatro disciplinas que fazem referência ao uso das tecnologias no PPC (Quadro 4.1), apenas a Informática Aplicada à Química o fez efetivamente. Além disso, há disciplinas nas quais os professores formadores usaram as TICs, especificamente, programas computacionais, mesmo sem fazer referência a elas no ementário do PPC.

Os entrevistados associaram as disciplinas a um programa computacional utilizado pelo docente formador para comentarem sobre suas experiências com as tecnologias durante o curso. Entre os programas computacionais mais mencionados estão o Excel[®] e PowerPoint[®]. Quanto ao uso do Excel[®] destacam-se as disciplinas experimentais: Química Geral e Experimental, Orgânica Experimental, Química Biológica Experimental, Química Inorgânica Experimental, Analítica Experimental e Físico-Química Experimental, chamadas pelos licenciandos apenas de “Experimentais”. Essas não fazem referência ao uso de programas computacionais na ementa e os planos de ensino dessas disciplinas mencionam apenas o uso do *Data Show* como recurso didático.

Além das disciplinas supracitadas os licenciandos destacam ainda outras disciplinas pelo uso do programa Excel[®]

[L05] *Acho que todas as Experimentais/ praticamente todas ((fizeram uso do Excel[®])) e a de **Informática Aplicada à Química** diretamente e eu acho que de **Química Geral**.*

[L10] *Em duas disciplinas nós utilizamos recursos para o ensino de química/ foi **Informática Aplicada à Química** e **Instrumentação para o Ensino de Química**. os recursos utilizados foram o PowerPoint[®] e o Excel[®].*

Embora os licenciandos tenham tido experiências com o Excel[®] nas disciplinas supracitadas, não arriscam usá-lo em sua prática pedagógica. O Licenciando L6, por exemplo, afirmou que fez uso do Excel[®] nas disciplinas experimentais e físico-química para fazer gráficos e tabelar dados, entretanto, não saberia fazer uso desse programa em sua prática pedagógica:

[L06] *Eu acho que/ infelizmente/ eu acho que não ((não saberia fazer uso do Excel[®] em sua prática pedagógica))/ eu acho que seria mais/ acho que se tivesse uma disciplina aqui na UFAM que envolvesse mais isso/ aí sim/ acho que a gente meio que ia se sentir mais garantido e tal para ensinar os alunos/ só que como não teve isso eu acho que não.*

Nesse ponto, acredita-se que houve o uso do programa computacional para chegar a um resultado esperado, por exemplo, resolver de forma correta questões disponibilizadas pelo docente formador, mas os licenciandos não foram levados a refletir sobre o uso do programa na prática pedagógica a ponto de se apropriarem do programa.

Os licenciandos também destacam o uso do programa PowerPoint® pelos docentes formadores, mas não especificam em quais disciplinas o programa foi utilizado.

[L09] Nas disciplinas específicas da química eles não utilizaram ((programas computacionais)) ou se utilizaram fizeram poucas vezes/ eles usam mais o PowerPoint/ assim/ justamente nas apresentações para substituir o quadro.

É certo que esse recurso pode auxiliar no processo de ensino e de aprendizagem, tornando as aulas mais dinâmicas, contudo muitos dos recursos que o programa PowerPoint® disponibiliza são desconhecidos pelos usuários, que deixam de explorar os benefícios oferecidos pelo programa, restringindo seu uso a apresentação de slides em aulas expositivas.

Kenski (2013) afirma que o uso das tecnologias baseado na exposição oral do professor ainda predomina nas salas de aula das IES. Segundo a autora mesmo sendo mediado por vídeos e apresentações em PowerPoint® o ensino não se renova.

Um dos entrevistados destaca com desanimo o uso exclusivo do PowerPoint® nas disciplinas.

[L03] Só apresentação de slide/ PowerPoint®/ não foge disso/ outras tecnologias/ simuladores/ vídeos/ nada.

Como consequência da banalização do programa PowerPoint®, assumindo praticamente a função do quadro negro, os alunos já nem o percebem como uma ferramenta tecnológica inovadora, o que pode levar a subutilização dessa ferramenta, uma vez que os futuros professores não são levados a refletir criticamente sobre o programa e o contexto no qual ele é utilizado.

A disciplina Química Orgânica também foi citada, por ser uma das poucas disciplinas onde o contato do licenciando com os programas computacionais ocorreu de forma significativa na visão do entrevistado.

[L08] eu estou no nono período/ são dez períodos/ eu estou no nono e agora que eu vim ter uma disciplina de química mesmo ((Química Orgânica)) que eu utilizo ((programas computacionais))/ isso me despertou a atenção mesmo/ por isso/ que eu estou usando agora o Chemscketch/ Avogrado.

Um dos entrevistados destaca ainda o uso do programa ChemSketch® e ChemWindow® na disciplina de **Química Biológica**.

[L09] em Química Biológica o professor solicitou que nós utilizássemos o ChemSketch ou Chemwindow para desenhar algumas estruturas.

Além das disciplinas já mencionadas, um dos entrevistados destaca as disciplinas de Estágios Supervisionados, por havê-lo preparado para fazer uso das tecnologias em sua formação docente

*[L11] As disciplinas que de fato me prepararam para fazer uso das tecnologias na minha futura prática docente foi a disciplina de **Informática Aplicada a Química/ Instrumentação para o Ensino de Química II** e as disciplinas dos **Estágios Supervisionados**.*

Até aqui se pôde perceber que o uso das TICs aparece em disciplinas no currículo vivido que vão além daquelas mencionadas no currículo prescrito. Entretanto, não se pode afirmar que os objetivos propostos neste currículo estão sendo alcançados, pois poucos licenciandos se mostraram seguros para empregar as TICs em sua prática pedagógica no Projeto de Ensino da disciplina de Estágio.

O projeto de Ensino do qual participaram os entrevistados dessa pesquisa se mostrou como uma possibilidade para o uso das TICs na prática pedagógica dos mesmos. Contudo, o despreparo para o uso das tecnologias durante o curso de formação, entre outros fatores, limitou o uso das TICs pelos licenciandos. Como justificativa para não usarem as TIC, os futuros professores citaram a dificuldade com a informática:

[L06] As TICs eu confesso que não tenho muita facilidade para trabalhar ((risos)).

Alguns licenciandos preferiram trabalhar com outras abordagens durante seus projetos de Ensino de Química, por se sentirem mais preparados para fazê-lo em sua prática pedagógica:

[L05] Eu escolhi a abordagem CTSA porque era a que eu já tinha tido um pouco de contato na disciplina de Instrumentação// Aí a TIC eu nunca tive contato.

A escolha dos licenciandos por abordagens que fogem ao uso das TICs e as justificativas dadas por eles para essa escolha, como nas duas últimas falas destacadas acima, indicam que o currículo prescrito atribui maior importância ao uso das TICs, quando comparado ao currículo vivido. Isso porque, entre os deveres do egresso, destacado no currículo prescrito, ou seja, no PPC, está a aquisição de “conhecimentos básicos do *uso de computadores* e sua aplicação em ensino de Química”, entretanto os licenciandos prestes a concluir o curso não se sentem preparados para fazê-lo.

Diante disso, percebe-se que, embora as TICs ofereçam oportunidades cada vez mais amplas, o curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amazonas ainda não foi adequado para explorar as oportunidades no sentido de preparar os futuros professores para fazer uso desta importante ferramenta em sua prática pedagógica, uma vez que, o uso reflexivo das TICs não parece ser comum na prática em sala de aula.

Capítulo 5 – CONCEITOS QUÍMICOS COMO FERRAMENTAS CULTURAIS

Este capítulo apresenta uma análise do material desenvolvido pelos licenciandos, em resposta às atividades propostas na sequência didática e de episódios que ocorreram ao longo dessas atividades que, juntos, apontam as formas de contribuições da estratégia didática com o uso de programas computacionais para o aprendizado dos conceitos químicos trabalhados.

5.1 A análise do aprendizado do conteúdo “ácido-base” e “pH” ao longo da estratégia didática.

O aprendizado dos conceitos relacionados aos temas “ácido-base” e “pH” foi analisado do ponto de vista do domínio. À luz da teoria da ação mediada isso implica em investigar o “saber como” usar um modo de mediação com facilidade (WERTSCH, 1999, p. 87). Considerando a proposta dessa pesquisa, foi investigado o uso de conceitos, relacionados a equilíbrios ácido-base, ao longo de uma estratégia didática, que envolveu a construção de esquemas, definições propriamente ditas e aplicação de fórmulas matemáticas e interpretação de gráficos realizadas com o uso de programas computacionais.

Inicialmente, foi apresentado o Cronograma do Curso para os licenciandos, destacando a escolha dos programas computacionais que seriam utilizados. Em seguida, a estratégia didática teve início com a apresentação de um vídeo adaptado do programa “Nova Amazônia”¹⁷, o qual apresenta a formação dos Rios Negro e Solimões, enfatizando as causas da acidez das águas do Rio Negro e sua consequência para as espécies aquáticas.

Após a apresentação do vídeo os discentes realizaram a primeira atividade (APÊNDICE A) que tinha como objetivo levantar informações sobre o domínio dos conceitos relacionados ao conteúdo já mencionado.

Essa atividade consistiu em um texto abordando a importância do estudo do potencial hidrogeniônico definido pela grandeza pH, para a caracterização físico-química das águas. Ao

¹⁷ Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=39mCs_9s9VA

final do texto, um quadro contendo vinte e um conceitos relacionados a pH foi apresentado. Os discentes deveriam relacionar os conceitos por meio da construção de esquemas com auxílio do programa PowerPoint®. Porém, novos conceitos podiam ser inseridos, além daqueles que foram disponibilizados.

Segundo Vigotski (2008, p. 116), os conceitos científicos se caracterizam por ocupar “certa posição em relação a outros conceitos”, assim depreende-se a importância da relação entre conceitos, tendo em conta o fato de que apenas os conceitos científicos são passíveis de ser relacionados entre si.

Os alunos trabalharam de forma individual, porém lhes era facultado trocar informações com seus pares e com a doutoranda. Essa troca de informações é importante, pois, na perspectiva da ação mediada, analisar o nível de desenvolvimento proximal, no qual o indivíduo age com a ajuda do outro, é tão necessária quanto à análise do indivíduo operando sozinho.

5.1.1. Considerações iniciais sobre o domínio dos conceitos pelos licenciandos

Após a análise dos dados, os conceitos utilizados no desenvolvimento do esquema pelos licenciandos foram agrupados em sete categorias. O Quadro 5.1 apresenta os conceitos utilizados pelos discentes e as categorias em que foram agrupados.

Quadro 5.1 – Conceitos relacionados a pH e suas respectivas categorias.

Categorias	Conceitos
1. Forças das espécies	Ácido forte, ácido fraco, base forte, base fraca.
2. Teorias ácido-base	Teoria de Arrhenius, Teoria de Brønsted-Lowry, Teoria de Lewis.
3. pH	Potencial hidrogeniônico, escala de pH.
4. Constantes	Constante de equilíbrio, constante de ionização ácida, constante de ionização básica.
5. Par ácido-base conjugado	Par ácido-base conjugado.
6. Número de hidrogênios ionizáveis	Monoprótico, poliprótico.

A Figura 5.1 apresenta a frequência de uso dessas categorias na construção do esquema.

Figura 5.1 – Uso das categorias pelos licenciandos.

Pode-se perceber, por meio da Figura 5.1, que os licenciandos consideraram, principalmente, a categoria *Força das espécies* e *Teorias* no desenvolvimento do esquema. Os conceitos monoprótico e poliprótico foram os menos relacionados.

A análise dos esquemas considerou as relações estabelecidas entre as categorias apresentadas na Figura 5.1 e os erros conceituais apresentados. A partir dessa análise os esquemas foram agrupados em:

- I. Poucas categorias relacionadas¹⁸ e presença de erros conceituais.
- II. Poucas categorias relacionadas e ausência de erros conceituais.
- III. Número intermediário de categorias relacionadas¹⁹ e presença de erros conceituais.

Considerando construtos da Teoria da Ação Mediada, assume-se que a Categoria I sugere domínio mínimo dos conceitos; as Categorias II e III sugerem baixo domínio dos conceitos e os erros conceituais na Categoria III indicam que essas ferramentas culturais (conceitos) estão pobremente organizadas no plano interpsicológico.

O Quadro 5.2 apresenta uma proposta para os níveis de domínio do conteúdo pelos licenciandos, a partir da análise dos esquemas. O quadro também destaca os erros conceituais cometidos e o número de categorias relacionadas no esquema dos 13 agentes envolvidos.

¹⁸ Esquemas envolvendo até três categorias.

¹⁹ Esquemas considerando de quatro a cinco categorias.

Quadro 5.2 - Níveis de domínio, erros conceituais e número de categorias apresentadas pelos licenciandos na atividade 1.

Licenciandos	Domínio apresentado	Erros conceituais	Nº de categorias relacionadas
L01	Baixo	Base possui pH baixo	5
L02	Mínimo	Inversão na definição de ácido e base considerando a teoria de Arrhenius	3
L03	Baixo	Ácido de Brønsted-Lowry libera prótons	5
L04	Baixo	pH tem característica ácido e base	5
L05	Baixo	pH tem característica de ácido forte, base forte, ácido fraco e base fraca	3
L06	Baixo	pH pode ser ácido ou base	5
L07	Mínimo	Teoria de Arrhenius é partido por ácidos e base e pH. Relações sem sentido	2
L08	Baixo	Ausentes	3
L09	Baixo	Ausentes	3
L10	Baixo	Ausentes	3
L11	Baixo	Ausentes	2
L12	Baixo	Ausentes	3
L13	Mínimo	pH entre 0 e 6 é ácido e entre 8 e 14 é básico	2

A seguir serão apresentados exemplos representativos dos esquemas agrupados em cada categoria.

A Atividade 1 foi desenvolvida no programa PowerPoint®. Nessa oportunidade, foram apresentados os principais comandos do programa. Quando questionados quanto às dificuldades encontradas para o desenvolvimento da atividade, os licenciandos consideraram o fato de relacionar os conceitos mais difícil do que construir o esquema usando o

PowerPoint®. Como pode ser observado, por exemplo, no diálogo ocorrido, ao fim da Aula 1, entre a doutoranda (D) e L13.

- (1) D: Tu tiveste dificuldade L13 (?)
- (2) L13: Só de relembrar os conceitos.
- (3) D: E você gostou de usar o programa para fazer essas relações entre os conceitos (?)
- (4) L13: Gostei/ se eu lembrasse mais dos conceitos teria ficado melhor.

O esquema apresentado por L13 é um exemplo representativo dos esquemas da Categoria I: *Poucas categorias relacionadas e presença de erros conceituais*. L13 utilizou apenas duas categorias para o desenvolvimento do esquema, como pode ser observado na Figura 5.2.

Figura 5.2 - Esquema desenvolvido por L13 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados a pH.

No esquema apresentado, há um erro conceitual na relação entre pH e os conceitos ácido e básico. Sabe-se que o pH é a medida que indica a acidez e que o meio pode ser considerado ácido, quando o pH está abaixo de 7, ou básico, quando o meio apresenta valores

de pH acima de 7 (BARD, 1970). Pelo esquema proposto, L13 só considera como substâncias ácidas aquelas com pH menor ou igual a 6 e como básicas aquelas com pH acima de 8. De acordo com essa proposta, soluções na faixa $6,0 < \text{pH} < 8,0$, por exemplo, não poderiam ser classificadas como ácidas e básicas.

Esse equívoco assemelha-se ao encontrado por Figueira (2010) que, ao investigar as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácido-base, destaca que não há clareza nem mesmo entre os formandos do curso de química de que “todos os valores de pH abaixo de 7 caracterizam as substâncias ácidas”.

Nem todos os licenciandos definiram valores para pH no desenvolvimento do esquema. L09, por exemplo, entende, corretamente, o pH como uma medida da concentração do íon hidrogênio, mas não define uma escala para essas medidas. O esquema desenvolvido por ele é um exemplo representativo da categoria II – *Poucas categorias relacionadas e ausência de erros conceituais* e pode ser observado na figura 5.3.

Figura 5.3 - Esquema desenvolvido por L09 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados a pH.

Na Categoria III - *Número intermediário de categorias relacionadas*²⁰ e *presença de erros conceituais*, destaca-se, como exemplo representacional, o esquema proposto por L04, apresentado na Figura 5.4. Os conceitos que estão em caixas desconectadas na figura não foram relacionados aos demais, pois L04 não os recordava.

Embora o curso aplicado nesta pesquisa apresente um tema e a primeira atividade tenha sido apresentada inserida nele, apenas os licenciandos L04, L07 e L11 fazem a relação entre o conteúdo químico e a temática proposta. Isto pode ser atribuído, entre outros fatores, a falta de contextualização no ensino de química, que os limita a ver os conteúdos químicos de forma descontextualizada e sem relacioná-los a outros saberes.

A apresentação dos conceitos químicos, de forma contextualizada, pode proporcionar a interação com outras esferas de comunicação e de atividades, fazendo com que o agente reconheça o valor da ferramenta conceitual e tenha interesse em aplicá-la novamente, abrindo caminhos para que a apropriação dos conceitos químicos aconteça.

Ainda quanto à Figura 5.4, percebe-se que L04 faz distinção entre os diferentes modelos propostos para ácido-base e que dentre esses, parece ter mais informações sobre o modelo proposto por Brønsted-Lowry.

Observa-se também que L04 não apresenta uma relação para a força das espécies e, equivocadamente, afirma que o pH tem característica ácido e/ou base, quando o pH indica a acidez de uma solução, que pode ser caracterizada como ácida ou básica. A substância que gera essa acidez em solução é, então, classificada como ácido ou base, de acordo com uma determinada teoria e também pode ser forte ou fraca, considerando as teorias de Arrhenius e Brønsted-Lowry.

Os esquemas propostos por L05 e L06 apresentaram o mesmo erro conceitual de L04, no que diz respeito ao pH. É possível que os licenciandos até tenham se expressado equivocadamente e possuam o domínio desse conceito, em particular, porém por terem invertido a definição de ácido e base, segundo Brønsted-Lowry, na atividade 2, manteve-se a classificação de baixo domínio do conteúdo por esses licenciandos.

²⁰ Esquemas considerando de quatro a cinco categorias.

Figura 5.4 - Esquema desenvolvido por L04 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados a pH.

Outro exemplo representativo da Categoria III pode ser observado nas Figuras 5.5 e 5.6 que apresentam os esquemas propostos pelo licenciando L03. A Figura 5.5 apresenta a relação proposta para ácido e a Figura 5.6 a relação proposta para a base. Embora os conceitos apresentados se relacionem ao pH, este conceito não aparece nos esquemas.

No esquema proposto para o ácido (Figura 5.5), L03 faz uso apenas da teoria de Brønsted-Lowry e relaciona a teoria com o número de hidrogênios ionizáveis, além de relacionar a força das espécies à constante de acidez.

Observa-se, porém, um erro conceitual na definição de ácido, onde a expressão *liberar prótons* seria “mais adequada” para ácidos considerando a teoria de Arrhenius. Embora alguns autores, como por exemplo, SILVA e colaboradores (2014) não considerem essa definição para ácido de Arrhenius como correta.

Já no esquema proposto para a base, L03 define corretamente os modelos elaborados a partir das principais teorias do século XX e relaciona a força das espécies à constante de basicidade. Cabe destacar, contudo, que definições semelhantes à proposta por L03 para base de Arrhenius também têm recebido críticas (SILVA e et al., 2014).

Figura 5.5 - Esquema desenvolvido por L03 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados a espécie ácida.

Figura 5.6 - Esquema desenvolvido por L03 apresentando as possíveis relações entre os conceitos relacionados à base.

Para comprovar o domínio dos conceitos utilizados pelos licenciandos no desenvolvimento do esquema, foi proposta a Atividade 2 (Apêndice B), na qual os conceitos utilizados por eles deviam ser explorados, definidos, ainda com o uso do PowerPoint®. Cabe destacar que os conceitos propriamente ditos só foram trabalhados no Curso após a Atividade 2. Dessa forma, os dados gerados em resposta a Atividade 1 e 2 indicam o domínio do conteúdo que os licenciandos já apresentavam.

O uso do PowerPoint na Atividade 2, possibilitou que os licenciandos criassem links entre os conceitos das caixas no esquema (desenvolvido na Atividade 1) para outros slides. Os licenciandos colocaram animações nas caixas, linhas e setas presentes nos esquemas e, dessa forma, foram introduzidos aos comandos básicos do programa, possíveis de serem usados posteriormente na construção de jogos ou simulações, por exemplo.

5.1.2. O domínio dos conceitos ácido e base em diferentes teorias

Percebeu-se, por meio dos dados gerados em resposta a Atividade 2 que, no que se refere aos conceitos de ácido e base, considerando diferentes Teorias, cerca de 70% dos discentes atentaram para a coexistência de diferentes definições para ácido e base, relacionando os conceitos dessas espécies com as principais teorias do século XX, mais especificamente, às teorias propostas por Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis.

Considerando a teoria proposta por Arrhenius, onze licenciandos definiram corretamente ácido e base. Um licenciando não compareceu no dia da atividade (L13) e um definiu de maneira equivocada (L07).

Os maiores volumes de erros conceituais ocorreram quando a teoria de Brønsted-Lowry foi utilizada. Apenas seis licenciandos definiram corretamente o que é um ácido e o que é uma base. Quatro licenciandos apresentaram definições equivocadas (L01, L04, L05 e L06), um não compareceu no dia da atividade (L13) e dois (L02, L10) não responderam.

Quanto à teoria de Lewis, entre os treze licenciados que participaram da pesquisa, onze definiram ácido e base corretamente.

A análise das diferentes definições dadas pelos licenciandos para ácido e base de acordo com essas teorias, possibilitou que as respostas fossem agrupadas nas seguintes categorias:

- I. Confusão entre as diferentes teorias.
- II. Definição equivocada.
- III. Não definiu ácido e base de forma específica.
- IV. Definição correta dos conceitos

Na Categoria I, *Confusão entre as teorias*, destaca-se a resposta apresentada por L05, que inverteu a definição e restringiu sua definição para o meio aquoso, indicando confusão entre as teorias proposta por Arrhenius e Brønsted-Lowry, uma vez que a primeira é restrita a esse solvente.

Ácido: receptor de íons H^+ . Nesta teoria um ácido em meio aquoso recebe prótons. Base: é doadora de íons H^+ . Nesta teoria uma base em meio aquoso doa prótons (L05).

A resposta de L05 também pode ser inserida na categoria II, *Definições equivocadas*. Nessa categoria, destaca-se a inversão dos conceitos de ácido e base, considerando a teoria de Brønsted-Lowry. Esse problema foi observado nas respostas dos licenciandos L01, L04, L05 e L06. Um exemplo representativo é a resposta proposta por L04:

A teoria de Brønsted-Lowry aborda que para substâncias que recebem prótons (H^+) são denominadas ácidas e para substâncias que liberam prótons (H^+) são classificadas como base (L04).

Gomes (2013) também encontrou equívocos dessa natureza ao analisar o aprendizado de conceitos relacionados a esse conteúdo entre alunos do curso de Química do Instituto de Química da USP. Segundo ela, esses equívocos sugerem o processo de memorização dos conceitos pelo aprendiz.

Outro problema conceitual foi encontrado na definição proposta por L07 para base, considerando a teoria de Arrhenius:

*Acido é aquela substancia que libera íons H^+ , em meio aquoso [e] Base é aquela substancia que **ganha íons OH^-** , em meio aquoso (L07, Grifo nosso).*

A resposta equivocada apresentada pelo licenciando também pode ser considerada um processo de memorização e sugere baixo domínio das definições ácido-base por L07.

Também foi observado erro de nomenclatura. O licenciando L04 denomina tanto o íon hidrogênio quanto a hidroxila de íons de hidrogênio.

Teoria de Arrhenius aborda que em solução aquosa ocorre a liberação de íons de hidrogênio (H^+ e OH^-) (L04)

Na Categoria III, daqueles que não apresentaram uma definição específica para ácido e base, encontra-se a resposta proposta por L02. O licenciando, ao considerar a teoria de Brønsted-Lowry, refere-se apenas ao par ácido-base conjugado.

Complementando a Teoria de Lewis, Bronsted-Lowry diz que para toda a reação ácido-base, forma um ácido conjugado e uma base conjugada (L02, Grifo nosso).

Além disso, ele afirma que a teoria de Bronsted-Lowry complementa a teoria de Lewis; entretanto, a teoria de Bronsted-Lowry pode ser considerada um caso particular da teoria de Lewis, uma vez que esta engloba reações que não eram contempladas por aquela (CHAGAS, 2000, 1999).

Apenas cinco licenciandos apresentaram as definições corretas, considerando as diferentes Teorias ácido-base, o que representa cerca de quarenta por cento dos discentes. As respostas deles foram agrupadas na Categoria IV, *definição correta dos conceitos*.

Ao longo do curso, as principais teorias do século XX foram abordadas e uma atenção especial foi atribuída à teoria protônica de Brønsted-Lowry. Isso porque, essa teoria embasa a construção e interpretação de diagramas de distribuição de espécies, em equilíbrio em solução de diferentes ácidos fortes e fracos. Esses diagramas foram desenvolvidos ao final

do curso e todo o conteúdo trabalhado na estratégia didática se entrelaça na construção e interpretação desses diagramas.

Sabe-se que a força de um ácido ou de uma base depende, entre outros, da teoria que está sendo considerada e do sistema em estudo (VICHÍ; CHAGAS, 2008). Para a construção e interpretação dos diagramas, a força referente à teoria protônica de Brønsted-Lowry e as reações de neutralização em meio aquoso foram consideradas.

5.1.3. Força das espécies

Embora os conceitos agrupados na categoria Força das espécies tenham sido os mais utilizados no desenvolvimento dos esquemas (Atividade 1), observou-se, por meio das respostas desenvolvidas na Atividade 2, que a maioria dos licenciandos apresentava um baixo domínio dos conceitos relacionados a essa categoria. As respostas da Atividade 2 foram analisadas e codificadas da seguinte forma:

- I. Relação entre a força das espécies e o grau de dissociação.
- II. Relação entre a força das espécies e as constantes de ionização ácida e básica.
- III. Relação entre a força das espécies e a liberação de íons.

Na Categoria I, *Relação entre a força das espécies e o grau de dissociação*, destaca-se a resposta dada pelo Licenciando L09:

[...] *dependendo da Teoria, está relacionada [referindo-se à força das espécies] a **dissociação** total, parcial e/ou muito pouca das espécies presentes em uma reação ácido-base* (L09 - Grifo nosso).

Observa-se que L09 não especificou quando uma espécie é considerada forte ou fraca, fazendo apenas um comentário geral sobre a classificação das espécies. A resposta proposta por L04 também foi agrupada nessa categoria, contudo vários erros conceituais podem ser observados. L04 propôs as seguintes definições para as espécies ácidas e básicas:

*Base forte é a base cuja sua dissociação do próton (H^+) é muito difícil.
Base fraca é a base cuja sua dissociação do próton (H^+) é muito fácil.
Ácido forte são ácidos “cuja sua dissociação é acima de 50%.
Ácido fraco são ácidos cuja sua dissociação é abaixo de 50%.*

O erro cometido por L04, de atribuir à base forte e fraca a facilidade na dissociação do próton, está ancorado na definição equivocada proposta por ele e descrita na seção 5.1.1 de que a base, segundo a teoria de Brønsted-Lowry é a espécie que doa prótons. Essa confusão entre os conceitos confirma o baixo domínio do conteúdo por L04.

Embora L05 e L06 também tenham invertido os conceitos de ácido e base de Brønsted-Lowry, como comentado na seção anterior, apenas eles apresentaram uma definição correta considerando a dissociação das espécies.

[...] são considerados ácidos fortes aqueles que se dissociam completamente em solução. [...] são considerados ácidos fracos aqueles que não se dissociam completamente em solução (L05).

Na Categoria II, *Relação entre a força das espécies e as constantes de acidez e basicidade*, destaca-se a resposta proposta por L03.

A medida que define se um ácido é forte ou fraco esta intimamente ligado ao seu valor de pK_a . Quanto menor o valor de pK_a de uma espécie, mais forte será esse ácido e vice-versa (L03).

Destaca-se ainda a definição proposta por L05 para base fraca e base forte

[...] são consideradas bases fortes aquelas que possuem os maiores valores de constante de basicidade [...] são consideradas bases fracas aquelas que possuem os menores valores de constante de basicidade.

Ao investigar as concepções dos estudantes do curso de Química do Instituto de Química da USP, quanto à força de ácidos e bases, Gomes (2013) destacou que, à medida que os conceitos iam evoluindo, os discentes deixavam de indicar apenas um aspecto na definição da força das espécies e passavam a destacar a capacidade de dissociação das espécies relacionada às suas constantes de ionização.

Na presente pesquisa, apenas L12 tentou fazer essa relação, porém não obteve êxito. A resposta apresentada por L12 evidencia uma confusão entre os conceitos que sugere um

baixo domínio do conteúdo, uma vez que, como pode ser observado o licenciando exemplificou base forte com uma base fraca (NH_3).

*Uma base é considerada forte quando há uma **maior dissociação de íons OH^-** na solução, **como por exemplo, a amônia**. Quanto maior for a constante de basicidade $k_b > 0$, maior será a força da base (L12 – Grifo nosso).*

Na categoria III, *Relação entre a força das espécies e a liberação de íons*, foram agrupadas as respostas dos licenciandos L01, L08 e L12 para ácido forte: “Ácido forte é aquele que libera mais íons em meio aquoso”.

Os resultados encontrados na Atividade 2, envolvendo tanto as definições, segundo as diferentes teorias, quanto a força das espécies, confirmam o baixo domínio do conteúdo pelos licenciandos.

Após a Atividade 2, ocorreu a primeira aula expositiva dialogada sobre a complexificação dos modelos ácido-base, destacando as principais teorias do século XX. Nessa oportunidade, foram abordados os conceitos de ácido e base, de acordo com as diferentes teorias e, considerando a teoria de Brønsted-Lowry, foram destacados os conceitos “par ácido-base conjugado” e a classificação das espécies quanto ao “número de hidrogênios ionizáveis”.

No início do Curso, antes desses conceitos serem abordados, apenas 30% dos licenciandos apresentavam o domínio do conceito “par ácido-base conjugado” e 20% o domínio dos conceitos “monoprótico” e “poliprótico”. A aula expositiva dialogada abordando esses conceitos encerrou a segunda aula do curso.

O terceiro encontro foi iniciado com a aplicação da Atividade 3 (Apêndice C). Essa atividade abordou os conceitos de par ácido-base conjugado e força das espécies. A atividade iniciou-se com um pequeno texto relacionado à acidez das águas do rio Negro.

O texto destacou alguns ácidos orgânicos que compõem a matéria orgânica, uma vez que se atribui à decomposição da matéria orgânica, proveniente do escoamento superficial, a origem da acidez dessas águas, devido à presença dos ácidos húmicos derivados dessa

decomposição. Também foram destacados no texto, alguns íons gerados a partir da decomposição da matéria orgânica que são importantes para o crescimento de plantas aquáticas.

A partir desse texto, foram geradas questões envolvendo os conceitos de par ácido-base conjugado e força das espécies. Nessa oportunidade, os licenciandos utilizaram o programa ChemSketch® para construir modelos de par ácido-base conjugado.

Quanto às respostas dos discentes para as questões referentes à força das espécies, na Atividade 3, destaca-se a relação equivocada entre a força das espécies e o número de hidrogênios ionizáveis. Cabe destacar que, quando a Atividade 3 foi aplicada, os conceitos relacionados a força das espécies ainda não tinham sido abordados.

Ao ordenar as espécies HCl , H_3PO_4 e H_2CO_3 de acordo com a força que apresentam, o Licenciando L11, por exemplo, classificou o ácido clorídrico como o mais forte quando comparado ao ácido fosfórico e ao ácido carbônico, todavia, relacionou equivocadamente a força das espécies ao número de hidrogênios ionizáveis:

*O ácido clorídrico é o ácido mais forte por que ele se dissocia totalmente em água, ou seja, **ele é monoprótico**. O ácido carbônico é o ácido parcialmente forte, ou seja, **ele é diprótico**. O ácido fosfórico é o ácido mais fraco porque ele não se dissocia totalmente em meio aquoso, ou seja, **ele é poliprótico** (L11 - Grifo nosso).*

Para essa questão, já era esperado que o ácido clorídrico fosse considerado o ácido mais forte por ser um ácido forte comum em água. Esperava-se ainda que os licenciandos recorressem aos valores da constante de ionização ácida para terem uma estimativa da força relativa de H_3PO_4 e H_2CO_3 , ambos ácidos fracos. Porém, nenhum dos licenciandos recorreu a esses valores.

Além disso, a resposta do licenciando L11 parece desconsiderar que as espécies ácidas com mais de um hidrogênio ionizável se ionizam por etapas e que ácidos dipróticos como o H_2SO_4 (primeira etapa) e o H_2SeO_4 , embora sejam dipróticos são considerados eletrólitos fortes. Os licenciandos L01 e L02 cometeram o mesmo equívoco.

5.1.4. A significação do conceito de par ácido-base conjugado

O uso do programa ChemSketch[®], na Atividade 3, possibilitou que a abordagem do conteúdo par ácido-base conjugado fosse trabalhado a nível submicroscópico. Por meio dessa atividade, os licenciandos tiveram a oportunidade de elaborar outras formas de representação, além das habituais fórmulas moleculares. As Figuras 5.9 e 5.10 apresentam diferentes modelos moleculares para o par conjugado ácido nítrico – nitrato.

Figura 5.7 - Par ácido-base conjugado no modelo bola-vareta proposto por L02.

Figura 5.8- Par ácido-base conjugado no modelo preenchimento espacial proposto por L05.

A visualização molecular sob diferentes formas tem sido apontada como uma maneira eficaz para que o aprendiz possa elaborar formas internas e externas de habilidade cognitiva, sendo importante para que fenômenos químicos sejam compreendidos e representados na dimensão submicroscópica (GIORDAN, 2008).

Como mencionado anteriormente, apenas cerca de 30% dos licenciandos apresentavam domínio do conceito par ácido-base conjugado, antes desse conteúdo ser abordado. Na Atividade 3, foi pedido que os licenciandos desenhassem no programa ChemSketch[®] a base conjugada do ácido oxálico, um dos ácidos que compõem a matéria orgânica, e o ácido ou base conjugada de alguns íons, de grande importância para o crescimento de plantas aquáticas, provenientes da degradação da matéria orgânica (Atividade 3 – Apêndice C).

Nessa oportunidade, puderam-se perceber as primeiras contribuições efetivas da estratégia didática para a aprendizagem do conteúdo proposto, onde o conceito de par ácido-base foi sendo significado pelos licenciandos, como pode ser observado, por exemplo, no transcrito abaixo:

- (1) L06: [...] e esse programa aqui ((referindo-se ao ChemSketch[®])) além de formar molécula e tal/ teria alguma atividade que envolvesse o próprio pH(?) tipo estrutura para montar (?)
- (2) D: Você tem algumas opções [...] você não acha/ por exemplo/ que se você fizer o desenho de uma molécula de uma substância ácida mostrando a presença do hidrogênio/ depois essa mesma molécula sem o hidrogênio, explicando que essa ausência já faz com que essa molécula tenha uma classificação diferente da inicial/ já não é uma molécula ácida //
- (3) L06: Acho que desperta sim o interesse/ mas não sei (!) será que eles ((referindo-se aos alunos do ensino médio)) vão ser capazes de ver isso (?)
- (4) D: Você foi capaz de ver isso (?)
- (5) L06: Com o passar do tempo ((risos))
- (6) D: Não/ eu me refiro aqui no curso com o uso do programa/ por exemplo/ quando você coloca ali ((apontando para a tela do computador))/ eu pedi o par ácido base conjugado/ quando você desenha o ácido e depois desenha outra molécula que difere da primeira pela ausência de um hidrogênio ionizável/ você ao fazer isso atentou que você agora estava construindo uma base (?)
- (7) L06: [sim]
- (8) D: [ou você] só desenhou sem levar isso em consideração (?)
- (9) L06: Não/ eu conseguia perceber que realmente o que eu estava desenhando era à base conjugada daquele ácido.

(10) D: *Por conta da transferência de prótons entre eles/ são detalhes que às vezes passa despercebido porque o aluno não tem alguém que deixe isso claro para ele.*

(11) L06: *É verdade.*

Alguns pontos importantes, retirados da interação acima, apontam que o uso do programa ChemSketch[®] para o ensino de par ácido-base conjugado permitiu uma interação que foi além da transmissão de informação onde o professor é o sujeito ativo e o aprendiz é o sujeito passivo:

- Em toda interação, a ênfase não esteve na transmissão de informação da doutoranda para o licenciando e vice-versa, fugindo, portanto, da sequência conhecida como I-R-A, onde a Iniciação da interação é feita por parte do professor, seguida de uma Resposta do aluno e de uma Avaliação do professor (WERTSCH; SMOLKA, 1994).
- Quem iniciou a interação no transcrito acima foi o licenciando, levado a pensar, devido ao uso que fazia do programa ChemSketch[®], sobre uma forma de utilizá-lo, posteriormente, em sua prática pedagógica. A doutoranda não faz uma avaliação após a fala do licenciando, mas usa sua pergunta para direcioná-lo ao tema que está sendo trabalhado na atividade.
- Na enunciação (3), pode-se observar que o licenciando continua refletindo sobre o uso do programa em sua prática pedagógica. Na enunciação (4), a doutoranda mais uma vez direciona o licenciando para o assunto par ácido-base conjugado.
- O licenciando parece considerar as experiências que teve durante sua formação na enunciação (5). Diante disso, a doutoranda, na enunciação (6), reformula o comentário feito na enunciação (2), chamando atenção para a atividade que está sendo realizada. O licenciando responde apenas com uma palavra simples, positiva (7) e é levado mais uma vez a refletir sobre a atividade que está sendo realizada. Por fim, a enunciação (7) foi tomada pelo licenciando como um dispositivo do pensamento para o domínio do conteúdo de par ácido

base conjugado e, conseqüentemente, para a organização dos conceitos de ácido e base, segundo a teoria de Brønsted-Lowry, uma vez que L06 havia definido erroneamente esses conceitos.

Considerando a perspectiva de estudo de Lotman sobre o dualismo funcional (WERTSCH; SMOLKA, 1994; WERTSCH, 1991), a interação acima pode ser classificada como dialógica, uma vez que estimulou a transformação das informações. Como destacado por Wertsch e Smolka (1994) as transmissões precisas de informações são importantes, porém as funções dialógicas, além de transmitir informações, servem como criadoras de novos significados.

No ensino caracterizado como “tradicional”, [...] “a ênfase está na transmissão de informações do professor para o aluno e do aluno para o professor” (WERTSCH; SMOLKA, 1994, p. 137), raramente são observadas interações dialógicas.

Pode-se afirmar que o uso do programa ChemSketch[®], em uma atividade desenvolvida em sala de aula, propiciou uma interação que permitiu, tanto a significação do conceito de par ácido-base conjugado, quanto a reorganização das definições de ácido e base, segundo a teoria de Brønsted-Lowry, no plano interpsicológico por L06, por exemplo.

Esse licenciando afirmou não recordar o conceito de par ácido-base conjugado na Atividade 2 e também inverteu as definições para ácido e base, considerando a teoria de Brønsted-Lowry. A reorganização dessas definições foi evidenciada pelo licenciando, em parte, no diálogo acima e nas Atividades 3 e 7. Na Atividade 3, L06 usou com habilidade os conceitos de par ácido-base conjugado e na Atividade 7, propôs um novo esquema que destacou corretamente o ácido de Brønsted-Lowry como a espécie doadora de prótons e a base como a espécie que recebe os mesmos prótons.

Além disso, durante o uso do programa, as interações dialógicas entre a doutoranda - licenciandos e entre licenciandos – licenciandos ocorreram de forma frequente e espontânea, diferentemente do ocorrido durante as aulas expositivas “dialogadas”, mesmo com todo o empenho da doutoranda em promover o diálogo.

Quanto aos modelos de par ácido-base conjugados apresentados pelos licenciandos, estes foram analisados e categorizados em:

- I. Representação correta para o par ácido-base conjugado
- II. Respostas incorretas

60% dos licenciandos representaram os modelos corretamente, tendo suas respostas classificadas na Categoria I. Todos os tipos de modelo (bola-vareta, preenchimento espacial, fórmula estrutural) foram considerados. A Figura 5.11 apresenta um exemplo representativo dos modelos agrupados nessa categoria.

Figura 5.9 – Modelo preenchimento espacial para os pares ácido-base conjugados desenvolvidos no programa ChemSketch[®] por L06.

Na segunda categoria, foram agrupados os modelos que não consideraram a ionização por etapa das espécies polipróticas. As Figuras 5.10 e 5.11 apresentam exemplos representativos das respostas, de cerca de 40% dos licenciandos, agrupadas nessa categoria.

Figura 5.10 - Representação equivocada proposta por L02 para o par ácido-base conjugado do ácido sulfúrico.

Figura 5.11 - Representação equivocada proposta por L02 para par ácido-base conjugado do ácido fosfórico.

Na Figura 5.10 o hidrogênio está representado nas cores cinza e dois hidrogênios são apresentados, um visível ligado ao oxigênio (representado em vermelho), no canto superior direito da figura e outro hidrogênio pouco visível ligado ao oxigênio do canto inferior direito da figura. Ao invés de representar o hidrogenossulfato como a base conjugada do ácido sulfúrico, o licenciando representou o sulfato que não possui hidrogênio em sua estrutura. O mesmo pode ser observado na Figura 5.11, onde o licenciando representa o fosfato e não o diidrogenofosfato como base conjugada do ácido fosfórico.

A incorreção aqui reside no fato de que a reação se dá em etapas consecutivas. Parece que o licenciando considera apenas a reação global de ionização total da espécie.

Como mencionado anteriormente, na seção 5.1.2, alguns licenciandos relacionaram a força das espécies ao número de hidrogênios ionizáveis, principalmente por não considerarem a ionização por etapas das espécies polipróticas.

Sabe-se que a força e a concentração das espécies em uma solução estão estritamente ligadas aos cálculos de pH. Contudo, muitas vezes esse conteúdo é apresentado considerando apenas a aplicação de fórmulas o que acaba gerando dificuldades para que os conceitos envolvidos nos cálculos sejam entendidos como um todo.

Diante disso, os conceitos de ácido-base envolvendo os cálculos de pH foram retomados na Atividade 4.

5.1.5. Potencial hidrogeniônico (pH)

Na Atividade 4 (Apêndice D), foi pedido que os licenciandos escrevessem em um slide no PowerPoint a fórmula para o cálculo de pH e suas variações. Porém, os licenciandos só recordaram a fórmula representada na Equação 1.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (1)$$

Em seguida, foi pedido que fosse criado um link do slide contendo a fórmula para uma planilha do Excel® e que fosse mostrado graficamente a relação entre pH e o log das concentrações de H^+ e OH^- . As Figuras 5.13 e 5.14 apresentam um exemplo representativo dos primeiros gráficos construídos pelos licenciandos.

Figura 5.12 – Gráfico apresentando a variação do logaritmo das concentrações de H^+ e OH^- , em função do pH, desenvolvido por L08.

Figura 5.13 – Gráfico apresentando a variação do logaritmo das concentrações de H^+ e OH^- , em função do pH, desenvolvido por L06

Os gráficos descrevem corretamente a variação do logaritmo das concentrações de H^+ e OH^- , em função do pH, porém pequenos problemas são apresentados. Na Figura 5.12, por exemplo, o licenciando não teve a preocupação de inserir o título e a legenda do gráfico, embora a importância dessas informações tenha sido comentada durante os exemplos que antecederam a atividade. Na Figura 5.13, o gráfico apresenta corretamente o título dos eixos e o título do gráfico, porém há um erro na legenda, pois ela inverte a ordenada e a abscissa. Ambos os gráficos não definem a concentração do que está representada nos eixos y.

Após o desenvolvimento dos primeiros gráficos, ainda no Excel[®], foram calculados os valores de pH para soluções de ácido clorídrico com concentração variando de 10^{-1} a 10^{-8} M, visando demonstrar a restrição da aplicação direta da fórmula. Em seguida, os licenciandos realizaram o mesmo cálculo para soluções de base forte e observaram que em concentrações abaixo de 10^{-7} M a aplicação direta da Equação 1 não gerava resultados adequados, uma vez que, abaixo dessa concentração a aplicação direta da fórmula não considera a auto-ionização da água.

Após essa demonstração, os cálculos utilizados para pH de ácidos fortes com concentração abaixo de 10^{-7} M e ácido fraco foram apresentados. Nessa oportunidade, a doutoranda associou os conceitos relacionados à força de ácidos e base aos cálculos que seriam efetuados. Após os licenciandos recordarem os cálculos e aplicarem alguns exemplos no Excel[®], iniciou-se a Atividade 5 (Apêndice E).

Para alcançar êxito na resolução da atividade proposta, os licenciandos precisariam dominar os comandos do programa Excel[®], fazer uso dos conceitos presentes na categoria força das espécies, além de conhecer as fórmulas e aplicá-las corretamente, o que representou mais uma oportunidade para que os conceitos fossem significados.

A análise das respostas permitiu a criação das seguintes categorias:

- I. Resultados satisfatórios para os diferentes cálculos de pH (ácido forte²¹, ácido fraco e base fraca).
- II. Resultados satisfatório para os cálculos de pH de ácido forte e ácido fraco.
- III. Resultados satisfatórios para cálculos de pH de ácido fraco e base fraca.
- IV. Resultado satisfatório para cálculos de pH de ácido forte.
- V. Resultado satisfatório para cálculos de pH de base fraca.

Após agrupar as respostas dos licenciandos nas categorias descritas acima, foram analisadas as justificativas para os diferentes cálculos adotados. Apenas L09 teve suas respostas agrupadas na Categoria I, demonstrando domínio elevado dos diferentes cálculos de pH e dos comandos do programa Excel[®]. Cabe destacar que na Atividade 4, antes do

²¹ Como todos os licenciandos aplicaram corretamente a fórmula de pH para ácido forte concentrado, as categorias consideraram apenas os cálculos para ácido forte com concentração $< 10^{-7}$.

conteúdo pH ser abordado no curso, o licenciando recordou da fórmula para o cálculo de pH (Equação 1), porém apenas na Atividade 5 o licenciando apresentou outras fórmulas que podem ser usadas em cálculos de pH de soluções mais complexas.

Quando questionado se havia adotado o mesmo procedimento para todas as questões, L09 respondeu:

Não adotei, por que primeiro precisa verificar se o ácido é forte ou fraco e as concentrações. Se a concentração for $> 10^{-7}$, usa-se o $pH = -\text{LOG} [H^+]$. Mas se a concentração for $< 10^{-7}$, usa-se a fórmula $y^2 + [HBr].y - K_w = 0$ (para ácido forte) ou a fórmula $y^2 + K_a.y - K_aF = 0$ (para ácido fraco) e depois usa-se o $pH = -\text{LOG} [H^+]$ (L09).

A justificativa apresentada por L09 sugere a importância de conhecer as fórmulas e de saber aplicá-las corretamente. Porém, o licenciando não comenta sobre as reações químicas pertinentes, sobre a constante de ionização da água, sobre o uso da constante de ionização ácida para o ácido fraco. Embora, o uso adequado das fórmulas seja indispensável, os conceitos envolvidos são fundamentais para a “tradução” dos valores obtidos. Contudo, não se pode inferir que o licenciando não possua o domínio desses conceitos por não tê-los citado na sua justificativa.

Pode-se afirmar que o licenciando apresenta um domínio elevado dos comandos utilizados no Excel[®] e que está se apropriando desses comandos, uma vez que apresenta as fórmulas utilizadas para o cálculo de pH utilizando sinais como o circunflexo “^” que é o operador para elevar o número a uma potência no Excel[®].

Os resultados encontrados por L13 representam a Categoria II, *Resultados satisfatórios para os cálculos de pH de ácido forte e ácido fraco*. Para o cálculo do pH de base fraca, L13 considerou a concentração da hidroxila para o cálculo do pH. O licenciando não refletiu no valor que estava sendo apresentado, uma vez que o valor de pH para soluções básicas será sempre maior do que 7. O licenciando não justificou os cálculos adotados na atividade.

A Categoria III, *Resultados satisfatórios para cálculos de pH de ácido fraco e base fraca* é representada pelas respostas de L04 e L12. O erro cometido para o cálculo de ácido

forte foi usar a concentração da hidroxila para o cálculo de pH, sem considerar que valores de pH acima de 7 não são adequados para ácido. Nessa categoria destaca-se a justificativa apresentada por L12 para os diferentes cálculos apresentados.

[...] de acordo com o que foi trabalhado na aula para calcular o pH de um ácido forte com concentração $>10^{-7}$ calcula-se $(-\log[h+])$ e quando ele é $<10^{-7}$ e está em pouca concentração deve-se levar em consideração a dissociação da água. Quando o ácido é fraco utiliza-se o K_a devido a ele não se dissociar totalmente em água (L12, Grifo nosso).

A justificativa dada por L12 indica a significação dos conceitos ácido-base, representando um avanço no nível de domínio desses conceitos pelo licenciando, uma vez que nesse momento do curso, o licenciando passa relacionar a capacidade de dissociação das espécies com a constante de dissociação ácida. Porém ele confunde o uso da Equação para cálculo do pH.

Por outro lado, os resultados das Categorias II e III podem indicar que em alguns momentos os licenciandos realizam uma mera substituição de valores, sem refletir sobre o processo e sem analisar os resultados encontrados.

A Categoria IV, *Resultado satisfatório para cálculos de pH de ácido forte*, é representada pelas respostas dos licenciandos L01, L08 e L11. Esses licenciandos utilizaram o mesmo procedimento para o cálculo de pH de ácido forte e ácido fraco, indicando baixo domínio dos cálculos de pH e falta de reflexão sobre os conceitos inseridos nesses cálculos. Esse último aspecto pode ser observado na justificativa proposta por L11 para os diferentes cálculos realizados.

[...] os critérios utilizados se diferem por que para ácidos fracos que possui $[H^+]$ menor que 10^{-7} utiliza-se o calculo direto, $pH = -\log [H^+]$, já os ácidos que possuem $[H^+]$ maior que 10^{-7} tem que realizar o calculo para encontrar o K_a por, 10^{-pK_a} , para depois realizar os cálculos de pH.

A Categoria V, *Resultado satisfatório para cálculos de pH de base fraca*, é representado pelas respostas dos licenciandos L07 e L02. O licenciando L07 cometeu erros no manuseio do programa durante os cálculos de pH dos ácidos forte e fraco, indicando baixo domínio do programa Excel[®].

De maneira geral, os licenciandos compreenderam a limitação da aplicação direta da fórmula de pH. Além disso, ainda utilizaram o significado de conceitos, como ácido fraco, por exemplo, de forma apropriada, diferentemente do que havia acontecido nas atividades anteriores. Como é possível observar na justificativa dada por L12 para adotar critérios diferentes para os cálculos propostos na atividade.

Por meio da Atividade 5, os licenciandos recordaram os principais comandos do programa Excel® e aprenderam inserir as fórmulas no programa. Tendo visto os principais conceitos envolvendo o conteúdo “ácido-base” e “pH”, foi proposto o desenvolvimento de um gráfico adaptado de Leenheer e Santos (1980) que apresenta a curva de pH produzida pela mistura das águas do rio Negro e Solimões. Esse exercício teve como objetivo a fixação dos comandos do Excel® para a construção de gráficos. A Figura 5.14 apresenta um exemplo representativo dos gráficos apresentados nessa etapa.

Figura 5.14 – Gráfico do pH em função da mistura das águas do rio Negro e Solimões desenvolvido por L05.

No gráfico, apresentado na Figura 5.14, a porcentagem da mistura em vermelho foi baseada no gráfico proposto por Leenheer e Santos (1980) e a curva em azul foi simulada para uma segunda porcentagem de mistura. O título dos eixos e a legenda foram apresentados corretamente, porém o título do gráfico está errado.

Os valores da curva em vermelho foram utilizados pelos licenciandos para interpretar as questões propostas na Atividade 6 (Apêndice F). Nessa atividade, ocorreu o desenvolvimento e a interpretação de gráficos para variação das concentrações de espécies envolvidas em soluções do ácido carbônico, em função do pH no meio.

Nesse momento do curso, os conceitos de “ácido monoprótico” e “ácido poliprótico” apareceram novamente em uma atividade prática. A Atividade 6 tinha o propósito de contribuir para a significação dos cálculos de pH, uma vez que esses cálculos seriam relacionados à constante de ionização ácida e à concentração das espécies químicas em um dado sistema.

Os cálculos de pH já haviam sido aplicados no programa Excel[®], logo, tanto esses cálculos, quanto os comandos necessários para o desenvolvimento da atividade eram de conhecimento dos licenciandos. Entretanto, as funções α_n , que permitem calcular as frações da concentração de equilíbrio de cada espécie presente na solução de um ácido, em relação à concentração analítica (ou concentração total) do mesmo, em função apenas do pH do meio e da(s) constante(s) de ionização ácida (CHRISTHIAN, 2014; DENARI; SACIOTO; CAVALHEIRO, 2015), não tinham sido apresentadas no curso.

Contudo, como essas funções são relações matemáticas relativamente simples, como pode ser observado nas Equações 2, 3 e 4 para o ácido carbônico, os licenciandos não apresentaram dificuldades com sua utilização para efetuar os cálculos.

$$\alpha_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1 K_2} \quad (2)$$

$$\alpha_{\text{HCO}_3^-} = \frac{K_1[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1 K_2} \quad (3)$$

$$\alpha_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1 K_2} \quad (4)$$

O gráfico de distribuição das espécies, que consiste na representação da variação das funções α_n com o pH foi apresentado para os discentes e os conceitos ácido-base relacionados

ao gráfico foram mais uma vez retomados. O procedimento detalhado da construção de gráficos dessa natureza foi demonstrado, seguindo a seguinte sequência:

- a. Aplicação das equações matemáticas referentes às concentrações de cada espécie envolvida no equilíbrio químico, no Excel[®].
- b. Cálculo das concentrações das espécies.
- c. Construção dos gráficos usando os dados referentes à fração de concentração de cada uma das espécies e valores de pH.

Apenas por meio da construção e interpretação dos diagramas de distribuição de espécies, os licenciandos poderiam resolver as questões propostas na Atividade 6, envolvendo as espécies do ácido carbônico predominantes em diferentes porcentagens de mistura das águas dos Rios Negro e Solimões.

A curva de pH para as diferentes porcentagens de mistura do encontro das águas foi apresentada por Leenheer e Santos (1980). Após desenvolver o diagrama de distribuição de espécies os licenciandos deviam buscar no gráfico, apresentado por esses autores, o valor de pH para determinada porcentagem de mistura, em seguida visualizar, no diagrama de distribuição das espécies, a espécie predominante naquele pH.

Segundo Bard (1970) os diagramas de distribuição são a forma mais apropriada para representar visualmente um sistema, mostrando facilmente as espécies predominantes. Antes de construir o diagrama para o ácido diprótico, H_2CO_3 , os licenciandos desenvolveram o gráfico de distribuição de espécies para o ácido fluorídrico, ácido fraco e monoprótico.

Com exceção de L10, cujas respostas para essa atividade não foram encontradas, os licenciandos conseguiram expressar graficamente a distribuição de espécies do HF. Após a análise dos gráficos eles foram agrupados, de forma semelhante ao que foi feito por Denari, Saciloto e Cavalheiro (2015), nas seguintes categorias:

- I. Problemas²² nos títulos (do gráfico e/ou dos eixos) e legendas corretas.
- II. Títulos e legendas com problemas²³.

²² Esses problemas podem ser tanto o título descrito de forma equivocada quanto à ausência do título.

III. Títulos e legenda corretos.

Na Categoria I, *Títulos (do eixo e/ou do gráfico) incorretos e legendas corretas*, foram agrupados os diagramas propostos por L04 e L11. A Figura 5.16 apresenta um exemplo representativo do diagrama para essa categoria.

Figura 5.15 – Diagrama de distribuição de espécies para o ácido fluorídrico proposto por L11.

Os diagramas propostos por L01, L05, L06, L08 e L13 foram agrupados na categoria II, *títulos e legendas com problemas*. Um exemplo representativo dos gráficos agrupados nessa categoria pode ser observado na Figura 5.16.

²³ Os problemas envolvendo as legendas podem ser tanto a legenda errada quanto à ausência da legenda.

Figura 5.16 - Diagrama de distribuição de espécies para o ácido fluorídrico proposto por L08.

Na categoria III, *Títulos e legendas corretos*, foram agrupados os gráficos desenvolvidos por L03, L07, L09 e L12. A Figura 5.17 apresenta um exemplo representativo dessa categoria.

Figura 5.17 - Diagrama da composição fracionária para o ácido fluorídrico apresentado por L09.

Com relação à estética do gráfico, L09 foi o único licenciando a fazer uso de recursos mais sofisticados do programa, confirmando um domínio elevado do programa Excel[®] pelo licenciando, como já havia sido sugerido anteriormente. Contudo, por ter escolhido nomear os eixos com todas as letras maiúsculas foi utilizada a palavra PH ao invés de pH, entretanto as demais atividades desenvolvidas pelo licenciando, que fazem uso da palavra pH, apresentaram-na corretamente.

Após o desenvolvimento do diagrama para ácido monoprótico, os licenciandos deram início ao desenvolvimento da Atividade 6. De maneira geral, os licenciandos conseguiram resolver as questões propostas na atividade. Porém, alguns diagramas apresentaram pequenos problemas. Após a análise, os diagramas foram agrupados nas seguintes categorias:

- I. Problemas²⁴ nos títulos (do gráfico e/ou dos eixos) e legendas corretas.
- II. Títulos e legendas com problemas²⁵.
- III. Títulos e legenda corretos.
- IV. Problemas na curva de concentração das espécies.

Na categoria I, *Problemas nos títulos (do gráfico e/ou dos eixos) e legendas corretas*, foram agrupados os diagramas propostos por L03 e L11. Um exemplo representativo dessa categoria pode ser observado na Figura 5.18.

²⁴ Esses problemas podem ser tanto o título descrito de forma equivocada quanto à ausência do título.

²⁵ Os problemas envolvendo as legendas podem ser tanto a legenda errada quanto à ausência da legenda.

Figura 5.18 - Diagrama da composição fracionária para as espécies em equilíbrio no sistema ácido carbônico, apresentado por L03.

Observa-se que L03 denomina o eixo Y de concentração do ácido carbônico ao invés de denominá-lo de concentração das espécies ou composição fracionária das espécies.

A categoria II, *Títulos e legendas com problemas*, agrupou os diagramas dos licenciandos L01, L05, L06, L08 e L13. Um exemplo representativo dessa categoria é apresentado na Figura 5.19.

Figura 5.19 - Diagrama da composição fracionária para as espécies em equilíbrio no sistema ácido carbônico, apresentado por L05.

Na categoria III, *Títulos e legenda corretos*, estão agrupados os diagramas dos licenciandos L12 e L09. Um exemplo representativo dessa categoria pode ser observado na Figura 5.20.

Figura 5.20 – Diagrama da composição fracionária para as espécies em equilíbrio no sistema ácido carbônico, apresentado por L09.

Apenas L07 não conseguiu construir o gráfico da composição fracionária das espécies para o ácido diprótico e seu diagrama representa a categoria IV, *Problemas na curva de concentração das espécies*. Como pode ser observado na Figura 5.15. O gráfico apresenta erro na curva referente à fração de α_1 , além de problemas como a ausência dos títulos dos eixos e do gráfico.

Figura 5.21 - Diagrama da composição fracionária para as espécies em equilíbrio no sistema ácido carbônico, apresentado por L07.

L07 já havia demonstrado baixo domínio do programa Excel[®] na Atividade 5, quando não conseguiu encontrar os valores corretos para os cálculos de ácido forte e ácido fraco, devido a erros no comando do programa.

Quando questionados quanto ao uso do Excel para o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo ácido base e pH, os licenciandos responderam de forma positiva, como mostram os seguintes exemplos:

[L09] *eu achei relevante porque justamente a gente tem como mostrar demonstrar/ através dos cálculos e através dos gráficos as relações entre as espécies em equilíbrio.*

[L02] *é mais prático/ né (?) É mais prático e por ser mais prático dá pra gente fazer também uma relação com uma conta que a gente acabou de fazer com a posterior/ fazer o gráfico/ analisar e tudo isso é assim bem melhor do que fazer na mão.*

Por meio da Atividade 7 (Apêndice G), os licenciandos foram levados a refletir a cerca das respostas desenvolvidas por eles ao longo da sequência didática. Nessa oportunidade, eles puderam definir novamente os principais conceitos abordados no curso e/ou propor um novo esquema. A Figura 5.22 apresenta uma comparação entre o número de categorias utilizadas pelos licenciandos nas Atividades 1 e 7²⁶.

Figura 5.22 – Comparação entre o número de categorias dos conceitos utilizados pelos licenciandos²⁷ nas atividades 1 e 7.

Pode-se perceber, por meio da Figura 5.22, que, ao final do curso, os licenciandos conseguiram relacionar um número maior de categorias de conceitos, indicando certa evolução no conhecimento sobre ácidos e bases. L13 foi quem relacionou, o menor número de categorias, quatro delas, porém também demonstrou evolução, pois havia elencado apenas 2 na primeira atividade.

Cabe destacar que dois licenciandos, mesmo tendo relacionado um maior número de categorias na Atividade 7, continuaram apresentando os mesmos erros conceituais do início

²⁶ Na Atividade 7, os licenciandos utilizaram conceitos que não foram utilizados na Atividade 1. Esses conceitos formaram 4 novas categorias, totalizando 10 categorias. A saber: 1- Força das espécies, 2 – Teorias, 3 – Par ácido-base conjugado, 4 – pH, 5 – Constantes, 6 – n° de hidrogênios ionizáveis, 7 – Autoprotólise, 8 – Dissociação, 9 – Concentração das espécies, 10 – Neutralização.

²⁷ Os licenciandos L01 e L02 não apresentaram um novo esquema, embora tenham afirmado na Atividade 7 conhecer conceitos que não eram conhecidos anteriormente, eles também não apresentaram uma definição e nem identificaram esses conceitos, por isso a resposta deles não foi considerada na imagem 5.22. L07 não compareceu no dia da atividade e a Atividade de L11 não foi encontrada.

do curso. L13, por exemplo, continuou afirmando que “o pH *pode ser* ácido quando está *em torno de 0 a 6* e básico quando está *em torno de 8 a 14*”.

L05 manteve o equívoco de considerar o ácido como receptor de prótons e a base como doadora, considerando a teoria de Brønsted-Lowry.

Esses resultados são preocupantes, uma vez que os conceitos básicos trabalhados neste curso também fazem parte do conteúdo do ensino básico que deverá ser ministrado futuramente por esses licenciandos. Não há como se apropriar de uma ferramenta cultural (nesse caso, os conceitos) e aplicá-la em outras esferas de comunicação e de atividade sem que primeiro tenha havido um domínio dessas ferramentas.

Como destacam Carvalho e Gil-Pérez (2006), a carência de conhecimento da matéria transforma o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos do livro texto. Mas pode ser pior, por falta de domínio, o professor pode deixar de apresentar conceitos de suma importância dentro de um sistema de conceitos, o que dificulta o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo como um todo. Além disso, a insegurança decorrente da falta de domínio gera dificuldades para motivar o aluno no aprendizado dos conteúdos.

Quanto às contribuições da estratégia didática, pode-se afirmar que mais de cinquenta por cento dos participantes da pesquisa demonstraram uma evolução na significação dos conceitos ao longo do curso. A estratégia didática desenvolvida com o uso dos programas computacionais favoreceu diferentes formas de interação, em que tanto as funções unívocas, quanto as dialógicas foram observadas, sendo as últimas as mais frequentes durante as atividades que foram desenvolvidas em sala de aula.

De modo geral, a estratégia didática foi caracterizada pelos licenciandos como:

- ✓ ***Interessante***, apesar do curto tempo do curso;
- ✓ ***Boa***, contribuindo para o aprendizado de coisas que eles não sabiam;
- ✓ ***Interessante***, devido à forma simples de ensinar;
- ✓ ***Boa***, por ter partido dos alunos conhecerem os programas para depois fazerem a utilização deles;

- ✓ *Inovadora e motivadora;*
- ✓ *Interessante e importante*, porque desenvolveu atividades numa sequência lógica.

Dentre as considerações dos licenciandos sobre a estratégia didática adotada no curso, destacam-se:

[L12] [...] *ela é / assim/ inovadora e motivadora/ fazia com que a gente pensasse e tanto na contextualização que tu deu inicialmente e no decorrer de todo curso.*

[L05] *Eu achei muito bom. Ele fez uso de vários programas e de um tema central para poder ir trabalhando as atividades fazendo a interligação entre o tema o programa e também a interligação dos programas em si.*

[L06] *Os programas só vieram facilitar a aprendizagem [...] esse assunto pH só tem em sala de aula com o quadro branco e pincel eu acho que não/ não fixa tanto como na utilização de programas que foi algo que foi um complementando o outro.*

Capítulo 6 – PROGRAMAS COMPUTACIONAIS COMO FERRAMENTAS CULTURAIS

Este capítulo apresenta as contribuições da estratégia didática com o uso dos programas computacionais para a prática docente dos licenciandos, considerando a análise dos dados das transcrições da entrevista final e a proposta de uso dos programas computacionais no Projeto de Ensino

6.1 O domínio dos programas computacionais pelos licenciandos

No primeiro encontro quando se fez uso do programa PowerPoint® para o desenvolvimento dos esquemas, os licenciandos afirmaram conhecer o programa e não apresentaram dificuldades para inserir caixas, linhas e setas nos slides. Grande parte das interações dialógicas ocorridas durante a primeira atividade, no encontro 1, foi a cerca da questão estética do esquema.

No encontro 2, foi pedido que os licenciandos inserissem nos esquemas animações e que criassem links entre os conceitos utilizados no esquema e outros slides. Nesse momento, foi observado que a maioria dos licenciandos conhecia apenas os comandos básicos. Após o encerramento do curso, na entrevista final, essa observação ficou ainda mais evidente e foi reconhecida pelos próprios licenciandos.

[L09] [...] agora/ a partir do minicurso no caso eu (()) usaria muito mais o PowerPoint ((referindo-se ao uso dos programas na prática pedagógica)) por ter aprendido a usar ferramentas que eu não conhecia.

[L02] [...] eu cheguei numa conclusão que eu achava que eu conhecia o Excel®/ PowerPoint® na verdade tem muitas coisas que dava para explorar e eu não sabia// Então eu achei bem interessante inclusive foi quando eu decidi adaptar para o meu projeto.

O uso do PowerPoint® pelo Licenciando L02 no Projeto de Ensino é um caso de apropriação do programa e é apresentado na seção 6.2.1.

O licenciando L03, quando questionado, na primeira etapa desta pesquisa, sobre o uso de programas computacionais durante o curso de Licenciatura pelos professores formadores, comentou com desânimo o uso do PowerPoint® durante as aulas, como já mencionado no capítulo 4. Contudo, ao final do curso quando questionado se saberia fazer uso do PowerPoint® em sua prática pedagógica, ele respondeu de forma afirmativa e destacou maneiras de uso do programa que vão além das tradicionais apresentações de slides

[L03] [...] o PowerPoint ((seria usado por ele)) para fazer apresentação/ desenvolver simuladores/ aplicar simuladores.

O uso do programa PowerPoint® pelos professores formadores também foi mencionado por L04

[L04] O que a gente vê no curso de química são professores que usam slides para dar suas aulas/ não tem noção de planejar de utilizar os recursos do próprio programa para auxiliar o aluno.

Em outro momento L04 destacou como o programa é visto por ele

[L04] [...] eu vejo o PowerPoint como uma maneira visual de você mostrar algo que é difícil de enxergar/ ou de você mesmo desenhar/ digamos que é um auxílio a mais/ só que lógico tem que ser planejado/ tem que ser útil ao aluno.

O segundo programa utilizado no curso foi o ChemSketch®, dos oito licenciandos que participaram da entrevista final, três (L06, L13 e L05) assumiram ter tido mais dificuldade com o manuseio desse programa. Porém, também consideraram que ao longo do curso foram entendendo o funcionamento dele e demonstraram interesse em continuar usando o programa

[L13] Eu aprendi o que é ChemSketch® que eu nunca tinha ouvido falar na minha vida/ aprendi a usar um pouquinho e eu acho que quando eu sair daqui eu vou continuar usando.

L05 atribuiu os problemas iniciais que teve com o programa à versão que estava usando e destacou que, após baixar uma versão mais atual, os problemas foram resolvidos. Quando questionado quanto ao uso do programa na estratégia didática deste curso, o licenciando destacou

[L05] É bem interessante [...] permite mais do que saber o par ácido base conjugado ele ((o aluno)) montando vai ampliar mais o conhecimento porque ele vai ter uma forma/ ele vai ver como é que está distribuído no espaço ele vai ver qual vai ser a melhor conformação/ é/ se aquela molécula é planar/ ou não é/ e ele podendo ver em 3D melhora mais ainda.

A resposta apresentada pelo licenciando indica uma reflexão sobre o uso do programa que se estende além do contato ocorrido durante o curso, sugerindo, ao menos a princípio, a apropriação do programa pelo licenciando.

O Excel[®] foi o último programa apresentado e trabalhado com os licenciandos. Durante os primeiros contatos com o programa, percebeu-se que a maior parte dos participantes não dominava essa ferramenta. Esse resultado não era esperado, uma vez que o Excel[®] foi apontado pelos licenciandos como um dos poucos programas utilizados pelos professores formadores durante o Curso de Licenciatura, como mencionado no Capítulo 4. Além disso, os licenciandos relataram que a disciplina informática Aplicada a Química trabalhou exclusivamente com esse programa.

Quando questionados quanto ao uso do programa Excel[®] para o desenvolvimento das atividades propostas na sequência didática, os licenciandos L03 e L05 afirmaram preferir fazer os cálculos manualmente, embora reconheçam as vantagens oferecidas pelo programa.

[L03] É bem complexo ((referindo ao programa Excel[®])) eu prefiro / particularmente eu prefiro fazer na mão/ né(?) ou então num programa mais específico pra isso/ mas assim/ o bom é que quando você consegue aplicar no Excel[®] todos os seus dados/ você consegue também fazer gráficos com mais facilidade para quem quer fazer uma análise quantitativa é importante sim/ acho que é bem interessante.

[L05] Não é tão fácil/ ele chega a ser mais prático do que ficar fazendo manual/ mas ele tem muitos detalhes e perdendo em alguns detalhes tem que começar tudo de novo [...] eu ainda prefiro manual [...] porque é muito detalhezinho para mim.

É possível que os Licenciandos L03 e L05 tenham dominado o uso do programa Excel, pois, na maioria das vezes, encontraram as respostas satisfatórias para as atividades envolvendo o uso do programa. Porém também é possível que não tenham se apropriado dele. Isso porque, segundo Wertsch (1994 p. 216), pode haver o domínio de uma ferramenta pelo agente sem que ocorra apropriação, pois para que a apropriação aconteça o agente deve

optar pelo uso da ferramenta por meio de uma decisão voluntária e reflexiva de forma independente.

Contudo, de forma geral, o programa foi bem aceito pelos licenciandos. Algumas vantagens destacadas por eles quanto ao uso do Excel[®] foram: a praticidade, a rapidez e a facilidade para interpretação dos dados, devido à visualização por meio dos gráficos.

A aceitação de uma ferramenta cultural pode ocorrer de forma reflexiva e irreflexiva (WERTSCH, 1994). Com relação à aceitação dos programas computacionais pelos licenciandos percebem-se as duas formas. O licenciando L04, por exemplo, demonstrou uma aceitação reflexiva quando questionado sobre o possível uso desses programas computacionais em sua prática pedagógica.

[L04] *Eu acho que sim ((que usaria os programas computacionais))/ só que lógico/ tem que ser algo que você tem que planejar/ os alunos tem que ter uma noção básica para você dar início/ para nivelar/ para você poder iniciar uma aplicação dessas ferramentas.*

Já o licenciando L06, por exemplo, demonstrou uma aceitação irreflexiva. Quando questionado quanto às contribuições do curso “Tecnologia e Ensino de Química” para sua prática pedagógica, o licenciando respondeu

[L04] *[...] Acho que agora no projeto tudo muda/ até então depois do projeto do curso mesmo de licenciatura eu acho que acaba com aquela história de/ a própria história do tradicionalismo de aula/ a gente vai levar algo a mais como se a gente fosse levar algo a mais para o aluno.*

L06 afirmou ainda que usaria os programas ChemSketch e PowerPoint em seu Projeto de Ensino. Contudo, o Licenciando abandonou a disciplina de Estágio Supervisionado e um ano depois ao cursar a disciplina novamente, usou apenas o PowerPoint para a apresentação de um vídeo em seu projeto.

Segundo o licenciando, a direção da escola não autorizou o uso da sala de informática pelos alunos e estes alegam nunca ter usado a sala, embora a escola apresente o espaço. Para a apresentação do vídeo, o licenciando utilizou seu próprio computador na sala de aula.

Infelizmente, esse é um problema que dificulta ainda mais o uso de programas computacionais no Ensino Médio. Embora, não seja o foco dessa pesquisa, concorda-se que a implementação do uso de programas computacionais para o Ensino de Química não depende apenas do preparo nos cursos de formação inicial e/ou continuada.

Benite e Benite (2008), por exemplo, investigaram as potencialidades e limitações do uso do computador para o Ensino de Química em Escolas do Ensino Médio da Rede Pública da Baixada Fluminense. Segundo os autores, a real possibilidade do uso dos computadores nas escolas públicas da região investigada ainda é exceção. Não foram encontrados dados de pesquisas semelhantes para a cidade de Manaus, apenas uma análise pontual realizada por Santos e Azevedo (2012) que pode indicar que os resultados na cidade não são diferentes.

Santos e Azevedo (2012) investigaram o uso de computadores no ensino de Química e suas contribuições para o processo ensino-aprendizagem da disciplina, em uma escola pública, da cidade de Manaus. Os autores apontaram que na escola investigada o uso dos computadores é restrito, centrado no planejamento das aulas, na elaboração de exercícios, provas e na transmissão de conteúdos.

Segundo as ideias propostas por Wertsch (1994), pode-se afirmar que é possível que o agente (nesse caso, o licenciando) faça uma reflexão consciente sobre as ferramentas culturais e que este chegue a rejeitar uma ferramenta que foi utilizada anteriormente. Acredita-se que problemas como a falta de meios para o uso dos programas computacionais nas escolas possa representar um fator que leve a essa reflexão, causando uma possível rejeição. O licenciando pode questionar, por exemplo, o tempo que levará para se apropriar de determinada ferramenta que dificilmente será utilizada em sua prática pedagógica por falta de recursos.

Já as instituições de nível Superior, mesmo apresentando mais recursos para a implementação do uso da informática no ensino, quando comparadas às escolas de nível básico, ainda não consolidaram o uso dessa ferramenta pelos professores formadores, como já foi discutido no capítulo 4. Quanto a isso, quando os licenciandos foram questionados

sobre a importância do uso de programas computacionais em estratégias didáticas no ensino superior, eles afirmaram que

[L06] Com certeza. [...] se tivesse isso bem antes na própria/ em relação ao pH/ na própria Química Analítica eu acho que influenciaria um/ por um lado bem mais positivo do que sem o uso.

[L13] Sim/ eu acho que/ dessa forma eu acho que a gente aprende mais tipo eu aprendi muito mais.

6.2 A apropriação dos programas computacionais

Como mencionado anteriormente, a apropriação consiste no “processo de tomar algo que pertence a outro e fazê-lo próprio” (WERTSCH, 1994, p. 93). Quando o agente se apropria de uma ferramenta cultural ele pode reconhecer que a ferramenta pode ser usada para realizar determinada atividade, em um contexto diferente daquele do qual ela foi apropriada (POSSO, 2010).

Na estratégia didática desenvolvida nesta pesquisa, os programas PowerPoint[®], ChemSketch[®] e Excel[®] foram utilizados para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo “equilíbrio ácido-base”. Essas ferramentas foram apropriadas pelos licenciandos ao reconhecerem que o uso desses programas poderia ser diversificado e trazer contribuições também para o processo de ensino e aprendizagem de outros conteúdos como “compostos inorgânicos”, “isomeria geométrica” e “transformações gasosas”, por exemplo.

Dos treze participantes da pesquisa, nove demonstraram interesse em usar um dos programas no Projeto de Ensino para desenvolver uma atividade diversa daquela proposta inicialmente no curso. Destes, sete escolheram trabalhar com o PowerPoint[®], três com o ChemSketch[®] e um com o Excel[®]. A maioria das justificativas apresentadas para a escolha de um dos programas estava ligada ao cumprimento do objetivo proposto no Projeto de Ensino.

6.2.1 O uso do PowerPoint® para o desenvolvimento de um jogo

Entre os casos de apropriação do programa PowerPoint®, destaca-se o uso do programa para a construção de um jogo intitulado “Química do refrigerante”, proposto por L02.

Como mencionado no Capítulo 3, no início da disciplina Estágio Supervisionado II, os licenciandos poderiam escolher entre diferentes abordagens para serem usadas em seu projeto de Ensino. A abordagem alternativa ao ensino tradicional escolhida por L02, naquela ocasião, foi “Jogos”.

Durante o curso “Tecnologia e Ensino de Química”, L02 participou ativamente das atividades e mostrou interesse especial pelo programa PowerPoint®. Após o curso, quando questionada sobre as contribuições da estratégia didática para sua prática pedagógica, L02 afirmou:

[L02] [...] eu achava que eu conhecia o [...] PowerPoint® na verdade tem muitas coisas que dava para explorar e eu não sabia/ Então eu achei bem interessante/ inclusive foi quando eu decidi adaptar para o meu projeto.

L02 utilizou os comandos básicos trabalhados no curso para a elaboração de um jogo. A Figura 6.1 apresenta o design gráfico do jogo desenvolvido por L02.

Figura 6.1- Design gráfico do jogo desenvolvido por L02.

O jogo permite que o participante escolha o grau de dificuldade das questões e o número da questão que deseja responder. Além disso, a resposta correta encaminha o participante para o “slide” com a frase “PARABÉNS !! VOCÊ ACERTOU” enquanto as respostas erradas levam ao “slide” com a frase “SINTO MUITO ! VOCÊ ERROU...”.

6.2.2 O uso do ChemSketch® para o ensino de “Isomeria Geométrica”

Entre os casos de apropriação do programa ChemSketch®, destaca-se o uso do programa por L11. Esse licenciando escolheu as TICs como abordagem alternativa ao ensino tradicional para o ensino de Isomeria Geométrica, pois, segundo ele

[L11] [...] lá na escola o professor não utilizava nenhum tipo de ferramenta/ tipo não me referindo só a tecnologia/ mas a modelos moleculares/ os tradicionais onde a gente pode pegar na mão/ não utilizava nenhum tipo de ferramenta e era meio entristecedor ver os alunos só copiando formulas estruturais do quadro onde não tinha nenhum sentido para eles/ eles só copiavam aquilo/ ligação entre carbono e hidrogênio sem nenhuma importância/ sem nenhum porque daquilo/ então eles se sentiam desmotivados é/ e também por conta da limitação de alguns alunos/ porque é difícil visualizar mentalmente os modelos sem o auxílio de alguma ferramenta e foi pensando nisso que eu escolhi essa temática.

Na estratégia didática desenvolvida por L11, os alunos desenhariam a estrutura química de algumas moléculas orgânicas em uma folha de papel, em seguida, as mesmas moléculas seriam desenhadas no programa ChemSketch®. Por fim, moléculas semelhantes seriam desenhadas novamente em folhas de papel, com o objetivo de investigar como o programa ChemSketch® contribui na mediação da aprendizagem de estruturas orgânicas.

6.2.3 O uso do Excel® para o ensino de “Transformações Gasosas”.

Quanto ao Excel®, evidências da apropriação do programa foram observadas por meio da proposta de uso feita por L04. O licenciando já havia optado por utilizar das TICs no Projeto de Ensino. L04 justificou sua escolha por essa abordagem alternativa da seguinte forma

[L04] [...] eu observei que a Escola que eu trabalhava [...] possuía um laboratório de informática/ entendeu (?) e um “Datashow” da própria escola e como ele é pouco usado pelos professores [...] é unir o útil ao agradável/ eu tenho o espaço para poder aplicar e tenho facilidade é/ com computador.

A proposta inicial de L04 era trabalhar com um simulador para auxiliar na compreensão das transformações gasosas a nível submicroscópico. Após o curso, L04 optou por usar o Excel[®] juntamente com o simulador para gerar dados que os alunos pudessem usar para construir e interpretar gráficos. As Figuras 6.2 e 6.3 foram apresentadas por L04 como exemplo dos gráficos que deviam ser construídos pelos alunos com o uso do programa Excel[®].

Figura 6.2 – Hipérbole representativa da transformação isotérmica desenvolvida no programa Excel[®]

Para a construção da Figura 6.2, L04 considerou uma quantidade fixa de gás em temperatura constante. Por meio do simulador²⁸, variou o volume de 2 a 9L e em uma tabela anotou os valores da pressão correspondente a cada volume pré-estabelecido. Os dados de pressão e volume foram utilizados para a construção do gráfico para que os alunos percebessem graficamente que, nas condições de quantidade fixa de gás em temperatura constante, o volume é inversamente proporcional à pressão.

²⁸ L04 não especificou durante sua fala o simulador que seria usado.

Figura 6.3 – Gráfico da variação da pressão em um sistema gasoso, em função da temperatura, proposto por L04.

Para a construção da Figura 6.3, L04 considerou uma quantidade fixa de gás em um recipiente de volume constante. Por meio da construção e interpretação do gráfico, os alunos podem visualizar a proporcionalidade entre a pressão e a temperatura absoluta de uma quantidade fixa de gás em um recipiente de volume constante.

Capítulo 7 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusões

Atualmente, reconhece-se que o ensino centrado na transmissão de conteúdo não dá conta de garantir uma aprendizagem adequada aos mais diversos conteúdos de ensino. Por isso, diversas estratégias didáticas têm sido amplamente exploradas nas mais variadas disciplinas. Dentre tais propostas se destacam as estratégias de ensino com o uso das TICs, mais especificamente, o uso do computador no processo de ensino e aprendizagem de Química.

Na perspectiva da abordagem sociocultural, os computadores com suas múltiplas funções são considerados como ferramentas culturais que ao serem usadas pelo aprendiz, em atividades culturalmente organizadas, podem causar avanços em suas habilidades e entendimentos.

Diante disso, foi que se buscou conhecer de que forma uma estratégia didática, baseada no uso de programas computacionais, pode contribuir para o aprendizado de conceitos químicos e para a prática pedagógica de professores em formação inicial no Norte do país, onde pesquisas dessa natureza são escassas.

A estratégia de ensino desenvolvida recebeu aceitação bastante positiva e proporcionou diferentes formas de interação. Embora houvesse, por parte da doutoranda, uma tentativa de estimular os questionamentos e a interação de vozes durante a exposição oral, foi durante a resolução das atividades com o uso dos programas computacionais que as interações aconteceram com maior intensidade.

Dentre as diferentes formas de interação, se destacam as funções dialógicas que além de proporcionarem a transmissão de informações, serviram como criadoras de novos significados, contribuindo para o domínio do conteúdo pelos licenciandos.

O uso de diferentes programas computacionais, ao longo da estratégia didática, proporcionou a abordagem dos conceitos químicos em diferentes níveis de compreensão, favorecendo o domínio do conteúdo.

Além disso, o uso do programa Excel[®] utilizado para o desenvolvimento de cálculos, organização de dados e construção de gráficos permitiu que os licenciandos aplicassem os conceitos trabalhados nos programas PowerPoint[®] e ChemSketch[®], representando mais uma oportunidade para que esses conceitos fossem dominados.

Dessa forma, no início da estratégia didática os licenciandos apresentavam domínio mínimo e baixo domínio do conteúdo, relacionando de duas a cinco categorias, com erros conceituais. Ao longo da estratégia didática à medida que os conceitos eram retomados nos diferentes programas, os conceitos foram sendo significados e ao final do curso os licenciandos relacionaram de quatro a oito categorias, representando um avanço no domínio do conteúdo.

O conteúdo “Equilíbrio Ácido-Base” é, na maioria das vezes, trabalhado em sala de aula apenas com o uso do “quadro e giz”. Por isso, a estratégia didática, por ser inovadora, despertou o interesse dos licenciandos. Diante disso, os licenciandos consideraram importante a aplicação de estratégias didáticas com o uso de programas computacionais nas aulas de ensino superior.

Quanto ao uso dos programas computacionais, observou-se que no início do curso os licenciandos apresentavam baixo domínio dessas ferramentas e, por isso, não se sentiam aptos para utilizarem as TICs em seus Projetos de Ensino. Ao longo da estratégia didática, com o uso dos programas, os licenciandos foram dominando comandos básicos até apresentarem um domínio elevado.

O domínio dos programas pelos licenciandos gerou um grande interesse e motivação para que eles fizessem uso dos programas computacionais em seus Projetos de Ensino, indicando a apropriação dessas ferramentas pelos licenciandos.

Dessa forma, a estratégia didática possibilitou ao licenciando reconhecer as contribuições do uso dos programas computacionais para o seu próprio aprendizado e, diante disso, dar importância ao uso dessas ferramentas culturais em sua prática pedagógica.

A investigação da configuração do uso de programas computacionais no currículo do curso de Licenciatura em Química da UFAM apontou que: 1) apenas quatro disciplinas fazem referência ao uso das TICs na ementa e nem todas a fazem nos planos de ensino; 2) embora haja uma disciplina específica para o uso das TICs, parece não haver uma continuidade no uso dessas ferramentas ao longo do curso, pois não foi observada relação entre essa disciplina e as demais. Além disso, apenas três, dos treze sujeitos de pesquisa sentiam-se preparados para fazer uso dessas ferramentas em seus projetos de Ensino.

Diante disso, pode-se afirmar que o curso não tem proporcionado experiências significativas entre os futuros professores e as tecnologias a ponto de capacitá-los para fazer uso dessas ferramentas em suas práticas pedagógicas.

7.2 Considerações finais

Por meio dos resultados encontrados, foi possível perceber que uma estratégia de ensino com o uso de programas computacionais representa uma possibilidade significativa para trabalhar os diferentes níveis de compreensão dos conhecimentos químicos, além de contribuir para diferentes formas de interação, o que pode garantir, ao menos em parte, resultados satisfatórios para o processo de ensino e aprendizagem.

Contudo, no ensino básico, por exemplo, nem sempre essa possibilidade é viável em decorrência da falta de recursos, de tempo, de preparo do professor, entre outros. Por isso, muitos futuros professores podem questionar o tempo dedicado a aprender a usar determinada ferramenta, que pode vir a ser considerada inviável para a realidade local.

Quanto a isso, acredita-se que a participação em estratégias de ensino que proporcionem o domínio e a apropriação, tanto do conteúdo químico quanto dos programas computacionais como ferramentas culturais, podem assegurar a motivação e interesse pelo

uso das TICs. Nesse sentido, as instituições formadoras representam um papel fundamental para que o futuro professor aproprie-se das ferramentas tecnológicas e aplique-as em sua prática pedagógica.

Destaca-se ainda que, as ferramentas culturais são desprovidas de poder em si mesmas, necessitando de um agente hábil para operá-las. Para que as estratégias de ensino com o uso de programas computacionais contribuam positivamente para o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos químicos, o professor deve ser provido de amplo conhecimento de Química, além de ser habilitado no uso de ferramentas culturais como as ferramentas computacionais a fim de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico, motivador e inserido na realidade contemporânea dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da prática escolar**. 5. ed. Campinas: Papirus, 1995. p. 108.

BAEZA-BAEZA, J. J. B; GARCÍA-ÁLVAREZ-COQUE, M. C. G. A. Systematic Approach for Calculating the Concentrations of Chemical Species in Multiequilibrium Problems: Inclusion of the Ionic Strength Effects. *Journal of Chemical Education*, v. 89, p. 900-904, 2012.
Doi: 10.1021/ed200594u

BAKHTIN, M. **Estética da Criação Verbal**. Tradução de Paulo Bezerra. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003. p. 512.

_____. **Estética da Criação Verbal**. Tradução de Maria Ermantina Galvão G. Pereira. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997. p. 414.

BARD, A. J. Equilíbrio químico. Madrid, Ediciones del Castillo, 1970. 222p.

BARROS, F. da C. L. da S. **O estudo de uma simulação em soluções Ácido-base**. 2011. 68 f. tese (Mestrado em Física e Química em Contexto Escolar) - Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2011.

BELEI, R. A. et al. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação**, vol. 30, 2008, p. 187–199. Disponível em:
<<http://www.periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/1770/1645>>. Acesso em: 08 Fev. 2015.

BENITE, A. M. C. M.; BENITE, C. R. M. O Computador No Ensino De Química: Impressões *versus* Realidade. Em foco as Escolas Públicas da Baixada Fluminense. **Ensaio: Pesquisa Em Educação Em Ciências** (impresso), v. 10, p. 1 - 20, 2008.

BRAGA, C. F.; GOMES, G. J. A. **Computação para Química**. 2009 (Apostila).

BRASIL. Ministério da Educação. Parecer CNE/CES N° 1.303, de 11 de novembro de 2001. **Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de química**. Brasília, DF: MEC/CNE, 2001. Disponível em:
<<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf>> Acesso em: 15 Set. 2014.

_____. Ministério da Educação. resolução CNE/CP nº009, de 8 de fevereiro de 2002. **Diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena.** Brasília. DF: MEC/CNE 2001. Disponível em:
< <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/009.pdf>> Acesso em: 11 Dez. 2014.

_____. Resolução CNE/CP nº2, de 1 de julho de 2015. **Diretrizes Curriculares nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada.** Brasília, DF: MEC/CNE, 2015. Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=17719-res-cne-cp-002-03072015&category_slug=julho-2015-pdf&Itemid=30192 acesso em: 10 Out. 2016.

CALEFI, R. M. **Ensino de Química Analítica na graduação: sua importância e metodologias adotadas.** 2010, 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CARDOSO, T. M. A Aplicação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no Ambiente Escolar. **Revista iTEC**, v. III, nº 3, p. 2–6, 2011.

CAROBIN, C.; SERRANO, A. Uma revisão das concepções alternativas em Equilíbrio Químico dentro do enfoque dos diferentes níveis de representação. Canoas: **Acta Scientiae** v. 9 n.2 p. 131-143 jul./dez. 2007.

CARREIRA, W. "Química em geral" a partir de uma tabela periódica no Microsoft Excel: uma estratégia de ensino de química na educação básica. 2010. 138 f. Dissertação(Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências) - Universidade do Grande Rio, Duque de Caxias, 2010.

CARVALHO, A.; GIL-PEREZ, D. **Formação de professores de Ciências.** Tradução de Sandra Velenzuela, 8 ed. São Paulo: Cortez, 2006, 120 p.

CAVALCANTI, R. R. G. **Desenvolvimento e aplicação de um método de análise de mapas conceituais com o objetivo de acompanhar mudanças na compreensão de um grupo de alunos sobre o tema Equilíbrio Químico.** 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CHAGAS, A. P. Teorias ácido-base do século XX. Química nova na escola, n. 9, Maio 1999.

_____. **Ensino de aspectos históricos e filosóficos da química e as teorias ácido-base do século XX.** Química Nova, v. 23, n. 1, 2000.

CIRINO, M. M. **Objetos de aprendizagem como ferramentas socioculturais para o ensino de química.** 279 f. tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

CIRINO, M. M.; SOUZA, A. R. Utilização de recursos digitais como ferramentas para o ensino de “ radiatividade ” no nível médio. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (XVI ENEQ) E X ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA (X EDUQUI), 2012, Salvador. **Resumos...**

COX, J. R. Enhancing student interactions with the instructor and content using pen-based technology, YouTube videos, and virtual conferencing. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 39, nº 1, p. 4–9, 2011.

CHRISTIAN, G. D.; DASGUPTA, P. K.; SCHUG, K. A. **Analytical Chemistry**, 7 ed, Wiley, New York, 2014, p. 248.

DENARI, G. B.; SACIOTO, T. R.; CAVALHEIRO, E. T. G. Avaliação do uso de planilhas computacionais como uma ferramenta didática em Química Analítica. **Química Nova**, v. XI, n. 00, p. 1-5, 2015.

EICHLER, M.; DEL PINO, J. C. Computadores em Educação Química: estrutura atômica e tabela periódica. **Química Nova**, v. 23, n. 6, 2000.

ESQUEMBRE, F. Computers in Physics Education. **Computer Physics Communications**, v. 147, p. 13-18, 2002.

FABIÃO, L. S.; DUARTE, M. C. dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.

FEJES, M. Formando Professores para desenvolver e aplicar em sala de aula simulações de Química. In: 57 Encontro da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2005, Fortaleza. **Resumos...**

FIGUEIRA, A. C. M. Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

FLORES, K. K. A.; MÓL, G. de S. O Uso Do Software ACD/ ChemSketch como ferramenta dinâmica no Ensino de Química Orgânica. In: 29º Reunião Anual Da Sociedade Brasileira de Química, 2006, Águas de Lindóia. **Resumos...**

FRANCISCO, W. Implementação e Avaliação de um Curso Introdutório ao Software ACD/Labs ChemSketch a Graduandos em Química. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), 2008, Curitiba. **Resumos...**

FRANCO NETO, J. R.; SILVA, R. M. G. da. Tecnologias no ensino de geometria molecular. **Publ. UEPG Ci. Hum., Ci. Soc. Apl., Ling., Letras e Artes**, Ponta Grossa, v, 16, nº 2, p. 261–275, 2008.

GABINI, W. S.; DINIZ, R. E. S. Os professores de Química e o uso do computador em sala de aula: discussão de um processo de formação continuada. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 343-58, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2. ed., São Paulo: Atlas, 1989, p. 206.

GIORDAN, M. Tutoring through the internet: how students and teachers interact to construct meaning. **International Journal of Science Education**, v. 26, nº 15, p. 1875–1894, 2004.

_____. O computador na educação em ciências: Breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. **Ciências e Educação**, v. 11, nº 2, p. 279–304, 2005.

_____. **Computadores e linguagem nas aulas de Ciências**. 1ª ed. Ijuí: Unijuí, 2008, p. 328.

GIROUX, H. A. **Os professores como intelectuais**. Porto Alegre: Artmed, 1997, p. 270.

GOMES, J. N. **Da Química Geral à Química Analítica: reflexões sobre o ensino e aprendizagem de conceitos relacionados ao tema Equilíbrio Químico**. 2013. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Teoria E Pesquisa**, v. 22, p. 201–209, 2006.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2011, p. 868.

HUDSON, R.; LUSKA, K. L. Recording Tutorials To Increase Student Use and Incorporating Demonstrations To Engage Live Participants. **Journal of Chemical Education**, v. 90, nº 5, p. 527–530, 2013.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus. 8. ed. 2012, p. 141.

_____. **Tecnologias e tempo docente**. Campinas: Papirus. 2013, p. 171.

LIMA, É. R. P. D. O.; MOITA, F. M. G. D. S. C. A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica. In: SOUSA, R. P.; MIOTA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. G., orgs. **Tecnologias digitais na educação** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2011. p. 276. Disponível em:
< <http://books.scielo.org/id/6pdyn/pdf/sousa-9788578791247-06.pdf> > Acesso em: 26 nov. 2014.

LINARES, R. D.; NETO, A. C.; CAPRI, M. da R. Material didático multimídia de apoio ao ensino de Química Analítica Qualitativa para Engenharia. XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. 2011, Blumenau, **Resumos...**

LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; TRENTIN, M. A. S. TICs no Ensino de Química: um Recorte do "Estado da Arte". **Revista Tecnologias na Educação**, v. 7, n. 12, 2015.

LUCENA, G. L.; AZEVEDO, M. S. QUIZmica: Um jogo virtual auxiliando o ensino de Química. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 4, nº 7, p. 1–11. 2012.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986, p. 98.

MAIA, R. de C. TITSIM - **Um simulador de titulação em Excel para o Ensino de Química**. 2011. 31 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Licenciatura em Química). Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. p. 297.

MICHEL, R.; SANTOS, F. M. T. dos; GRECA, I. M. R.. Uma busca na internet por ferramentas para a Educação Química no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, nº 19, 2004.

MORAES, M. C. Informática Educativa no Brasil: um pouco de história. **Ciência E Cultura**, v. 12, nº 57, p. 17–26, 1993.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007, p. 224.
OLIVEIRA, L. C., et al. Brincando e aprendendo química: apresentando o twister como ferramenta facilitadora da aprendizagem dos elementos químicos da tabela periódica. 51º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA. 2011, São Luís, **Resumos...**

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n. 3, p. 283-306, 2002.

NUÑEZ, I. B.; FARIA, T. C. L. O enfoque sócio-histórico-cultural da aprendizagem: os aportes de L. S. Vygotsky, A. N. Leontiev e P. Ya Galperin. In: NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. (Orgs.) **Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática; o novo Ensino Médio**. Porto Alegre, Sulina, 2004, p 51-68.

NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. (Orgs.) **Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática; o novo Ensino Médio**. Porto Alegre, Sulina, 2004, p. 300.

ORTIZ, N. F.; FARIAS, S. A. de. O espaço curricular das TICs nos cursos de Licenciatura em Química. XVI ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (XVI ENEQ) E X ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA (X EDUQUI). 2012, Salvador, **Resumos...**

PASSOS, C. G.; SANTOS, F. M. T. Formação Docente no Curso de Licenciatura em Química da UFRGS : estratégias e perspectivas . XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ). 2008, Curitiba, **Resumos...**

PASSOS, O. M. et al. Transformando um Editor de Apresentação em uma Ferramenta de Autoria : Uma Experiência com os Professores de Escolas Públicas do Município de Itacoatiara (AM). In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2010, João Pessoa. **Anais...**

PAULA, A. C.; ARAÚJO, I. S. C. A. James Wertsch : influência de Vygotsky , ideias principais e implicações para a educação científica. In: 33º ENCONTRO DE DEBATES SOBRE ENSINO DE QUÍMICA, Ijuí: Unijuí, 2013. **Resumos...**

PAULETTI, F. **O Ensino de Química e a Escola Pública: A isomeria geométrica mediada pelo uso de programas computacionais**. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Filosofia e Educação, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013.

PAULETTI, F.; CATELLI, F. Tecnologias digitais : possibilidades renovadas de representação da química abstrata. **Acta Scientiae**, v. 15, n. 2, p. 383–396, 2013.

PEDROSA, A.; PAIVA, J. Aplicação, avaliação e desenvolvimento de um recurso digital sobre "gases" para o ensino da Química. In: VII Simpósio Internacional de Informática Educativa, p. 417-421, 2005, Leiria, **Resumos...**

PEREIRA, A. P. **Distribuição conceitual no ensino de física quântica**: uma aproximação sociocultural às teorias de mudança conceitual. 2012. 210 f. tese (Doutorado em Ensino de Física) - Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em Ciências. **Ciências e Educação**, v. 18, n. 1, p. 23–39, 2012.

PEREIRA, A. P. de, SAWITZKI, M. C.; Silva, T. J. Interdisciplinaridade no Ensino e na Pesquisa em Educação em Ciências: contribuições. In: IX CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, v. 70, p. 9–12, 2013. Girona, **Resumos...**

PERRENOUD, P. Formar professores em contextos sociais em mudança: Prática reflexiva e participação crítica. **Revista Brasileira de Educação**, Set/Out/Nov/Dez, n. 12, 1999.

PORTZ, L. G.; EICHLER, M. L. (2013). Uso de jogos digitais no ensino de Química: um Super Trunfo sobre a tabela periódica. In: 33º ENCONTRO DE DEBATES SOBRE ENSINO DE QUÍMICA, 2013, Ijuí. **Resumos...**

POSSO, A. S. **A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem: utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais**. 2010, 185 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MARTINS, T. L. C.; SOUZA, B. C. S. A evolução da química computacional e sua contribuição para a educação em Química. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 9, n. 12, p. 13-22, jul./dez. 2008.

_____. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 18-34, 2010.

RIBAS, A. F. P.; MOURA, M. L. S. Abordagem sociocultural: algumas vertentes e autores. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 129-138, 2006.

ROGOFF, B. Observando a atividade sociocultural em três planos: apropriação participatória, participação guiada e aprendizado. In: WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. **Estudos socioculturais da mente**. Tradução Maria da Graça Gomes Paiva e André Rossano Teixeira Camargo. Porto alegre: ArtMed, 1998.

ROGOFF, B.; CHAVAJAY, P. What's become of research on the Cultural Basis of Cognitive Development? **American Psychologist**, v. 50, n. 10, p. 859 - 877, 1995.

ROSSI, A. V.; FERREIRA, L. H. A expansão de espaços para formação de professores de Química: atividades de ensino, pesquisa e extensão a partir da Licenciatura em Química. In: ROSA, M. I. P; ROSSI, A. V. (Orgs.). **Educação Química no Brasil: memórias políticas e tendências**. Campinas: Átomo, 2012, p. 127-142.

ROSTEJNSKÁ, M.; KLÍMOVÁ, H. Biochemistry Games: AZ-Quiz and Jeopardy!. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 4, p. 1-2, 2011.

SANTOS, G. L. L. dos. **Laboratório Virtual: Um recurso inovador no auxílio ao ensino de química**. 2011, 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. (2011)

SANTOS, M. R. C. dos; AZEVEDO, R. O. M. Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no Ensino de Química. III ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO AMBIENTE. p. 1-12. 2012. Niterói, **Resumos...**

SANTOS JUNIOR, I. B. dos, FREITAS, N. F. de; TEXEIRA JUNIOR, J. G. Uma metodologia alternativa proposta por bolsistas PIBID , utilizando o aplicativo ChemSketch, para o ensino de geometria molecular. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI). 2012, Salvador, **Resumos...**

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D.; GUINDANE, P. F. Pesquisa documental : pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2009.

SCHEID, N. M. J.; REIS, P. G. R.; As tecnologias da informação e da comunicação e a promoção da discussão e ação sociopolítica em aulas de ciências naturais em contexto português. **Ciências e Educação**, Bauru, v. 22, n. 1, p. 129-144, 2016.
Doi: 10.1590/1516-731320160010009.

SCHNETZLER, R. P. Apontamentos sobre a história do Ensino de Química no Brasil. In: SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A (Orgs). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2010, p.51-75.

SERRÃO, 2012. Superando a racionalidade técnica na formação: sonho de uma noite de verão. In: PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.). **Professor Reflexivo no Brasil: Gênese e crítica de um conceito**. São Paulo: Cortez, 2012. p.174 - 184.

SESSA, P. S. **As ferramentas culturais e a construção de significados em atividades de campo**: demandas para o ensino de Biologia. 2013. 214 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILVA, B. da; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica. **Revista Química Nova Na Escola**, p. 1–8, 2013.

SILVA, A. S.; LARENTIS, A. L.; CALDAS, L. A.; RIBEIRO, M. G. L.; ALMEIDA, R. V.; HERBST, M. H. Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: resgate da definição de ácido-base de Arrhenius e crítica ao Ensino das funções inorgânicas. **Revista Química Nova**, v. 36, n. 4, p. 261-268, 2014.

SILVA, F. A. R.; MORTIMER, E. F. **Atividade investigativa na educação superior**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2016, p. 335.

SILVA, C. X.; RECENA, M. C. P. Desenvolvimento de animação interativa para a aprendizagem significativa sobre pH. In: XV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2010, Brasília. **Anais do XV ENEQ**, 2010.

SILVA, M. P. SANTIAGO, M. A. Proposta para o ensino dos conceitos de ácidos e bases: construindo conceitos através da História da Ciência combinada ao emprego de um software interativo de livre acesso. **Revista História de Ciências e Ensino**. v. 5, p. 48 - 82, 2012.

SOARES. A. B.; BARIN, C. S. TIC no Ensino de Química: análise em periódicos nacionais nos últimos dez anos. In: Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 2014, Santa Cruz do Sul. Encontro de Debates sobre o Ensino de Química. Santa Cruz do Sul: UNISC, p. 616-623, 2014.

SOUSA, C. T.. A pratica do assistente social : conhecimento, instrumentalidade e intervenção profissional. **Emancipação**, v. 8, n. 1, p. 119–132, 2008.

SOUZA, M. P. de. Desenvolvimento e Aplicação de um Software como Ferramenta Motivadora no Processo Ensino-Aprendizagem de Química. XV Simpósio Brasileiro de Informática Na Educação, p. 487–496, 2004. Manaus, **Resumos...**

SOUZA, M. P. S.; MERÇON, F.; SANTOS, N.; RAPELLO, C. N.; AYRES, A. C. S. Titulando 2004: Um software para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. nov., n. 22, 2005.

SOUZA, T. G. **Utilização do ambiente virtual de Aprendizagem aliado ao Ensino Presencial de Química Analítica**. 2016. 88f. Dissertação (Mestrado em Química). Programa de Pós graduação em Química, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2016.

SZABO, A.; HASTINGS, N. Using IT in the undergraduate classroom: should we replace the blackboard with PowerPoint?. **Computers & Education**, v. 35, n. 3, p. 175–187, 2000.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas conseqüências em relação à formação para o magistério. **Revista Brasileira de Educação**, n. 13, p. 5-24, 2000.

TAVARES, R.; SOUZA, R. O. O.; CORREIA, A. de O. Um estudo sobre a “ tic ” e o ensino da química. **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 5, p. 155–167, 2013.
TEJEDOR, F. J.; GARCÍA-VALCÁRCEL, A.; PRADA, S. Medida de actitudes del profesorado universitario hacia la integración de las TIC. *Comunicar*, n. 33, v. XVII, 2009, **Revista Científica de Educomunicación**, p. 115-124, p. 2009.
Doi: 10.3916/c33-2009-03-002.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez. 1998, p. 108.
THIOLLENT, M. J. M.; COLETTE, M. M. Pesquisa-ação , formação de professores e diversidade. **Acta Scientiarum. Human an Social Sciences**, v. 36, n. 2, p. 207–216, 2014.

TRAZZI, P. S. S. **Ação mediada em aulas de Biologia; um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular**. 2015, 187 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória , 2015.

UEHARA, F. M. G. **Refletindo dificuldades de aprendizagem de alunos do ensino médio no estudo do equilíbrio químico**. 2005, 101 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, F. J. de. Visão analítica da Informática na Educação no Brasil: A questão da formação do professor. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 1, p. 1–28, 1997.

VASCONCELOS, F. C. G. C. de; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia *FLEXQUEST* sobre radioatividade. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 1, p. 37-58, 2012.

VICHI, E. J. S.; CHAGAS, A. P. Sobre a força de ácidos e bases: algumas considerações. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1591-1594, 2008.

VIEIRA, E.; MEIRELLES, R.; RODRIGUES, D. O uso de tecnologias no ensino de química: a experiência do laboratório virtual química fácil. VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2011. Campinas, **Resumos...**

VIEIRA, F. S.; FANTUZZI, F. Métodos gráficos e planilhas eletrônicas : uma abordagem para o ensino de química analítica na graduação. VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009. Florianópolis, **Resumos...**

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Tradução de José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto, Solange Astro Afeche, 7ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007, p. 182.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008, p. 194.

YU, W.; CHEN, L. The Application of Computer Softwares in Chemistry Teaching. **I. J. Education and Management Engineering**, v. 12, p. 943–947, 2012.

WERTSCH, J. V. **Voces de la mente**: um enfoque sociocultural para el estudio de la Acción Mediada. Madri: Visor, 1991, p. 185.

_____. A necessidade da ação na pesquisa sociocultural. In: WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. **Estudos socioculturais da mente**. Tradução Maria da Graça Gomes Paiva e André Rossano Teixeira Camargo. Porto alegre: ArtMed, 1998.

_____. **La mente en acción**. Buenos Aires: AIQUE, 1999, p. 304.

WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. Estudos socioculturais: história, ação e mediação. In: WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. **Estudos socioculturais da mente**. Tradução de Maria da Graça Gomes Paiva e André Rossano Teixeira Camargo. Porto alegre: ArtMed, 1998. p. 11-38.

WERTSCH, J. V.; SMOLKA, A. L. B. Continuando o diálogo: Vygotsky, Bakhtin e Lotman. In: DANIELS, H. (Org.). **Vygotsky em foco: pressupostos e desdobramentos**. Tradução de Mônica Saddy Martins e Elisabeth Jafet Cestari, Campinas: Papirus, 1994. 296 p.

ZANON, Tendências curriculares no ensino de Ciências/Química: um olhar para a contextualidade e a interdisciplinaridade como princípios da formação escolar. In: ROSA, M. I. P; ROSSI, A. V. (Orgs.). **Educação Química no Brasil: memórias políticas e tendências**. Campinas: Átomo, 2012, p. 127-142.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Atividade 1: Conhecimentos gerais sobre equilíbrio ácido-base

O vídeo Encontro das águas dos rios Negro e Solimões, apresentado pelo Programa “Nova Amazônia”, destaca a formação desses rios e suas principais características, entre elas destaca-se a alta acidez nas águas do rio Negro. Para muitos a acidez elevada das águas está relacionada à poluição e contaminação de corpos hídricos, o que nem sempre é verdade. No caso do rio Negro a acidez das águas está associada com o processo de formação desse rio.

O rio Negro nasce na Floresta Colombiana, o solo local é rico em matéria orgânica que é arrastada pela água das chuvas. Cerca de 50% da matéria orgânica dissolvida em ambientes aquáticos são substâncias húmicas, compostas por ácidos húmicos e ácidos fúlvicos²⁹. Essas substâncias são responsáveis pelos baixos valores de pH (4,0 a 5,5) nas águas do rio Negro³⁰.

Além da interferência no pH, as substâncias húmicas também são responsáveis pela cor escura do rio, que pode variar de castanho claro a preto de acordo com a concentração e composição das substâncias.

O estudo do pH é de grande importância para a caracterização físico-química das águas, uma vez que o pH exerce influência na formação de complexos e na distribuição de espécies químicas em sistemas aquáticos.

Porém questões relacionadas ao pH envolvem o conhecimento de outros termos como os que estão presentes na tabela abaixo.

Ácido	Base fraca	Teoria de Arrhenius
Base	Íon hidrogênio	Teoria de Brønsted-Lowry
pH	Monoprótico	Teoria de Lewis
Prótons	Autoprotólise	Constante de equilíbrio
Base forte	Poliprótico	Constante de acidez
Ácido forte	Par de elétrons	Concentração de espécies
Ácido fraco	Par conjugado ácido-base	Constante de basicidade

- Com base nas relações que podem ser feitas entre os conceitos apresentados na tabela desenvolva um mapa conceitual usando o programa PowerPoint.

OBSERVAÇÕES:

1. Você não precisa utilizar todos os conceitos acima e pode acrescentar outros que não estejam na lista caso julgue necessário.
2. Você pode combinar mais de um conceito, por exemplo:

²⁹ IHSS - International Humic Substances Society. What are Humic substances?. Disponível em: <<http://www.humicsubstances.org/whatarehs.html>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

³⁰ INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Desvendando as fronteiras do conhecimento na Região Amazônica do Alto Rio Negro. Manaus: INPA, 2012. p. 350. Disponível em: <https://www.inpa.gov.br/arquivos/livro_fronteras/02-Livro_Fronteras.pdf> Acesso em: 20 jan. 2015.

APÊNDICE B - Atividade 2: Conhecimentos gerais sobre equilíbrio ácido-base

1. Se você usou os conceitos **Teoria de Lewis**, **Teoria de Arrhenius** ou **Teoria de Brønsted-Lowry** no seu mapa conceitual, crie um hiperlink para um novo slide explicando a distinção entre os conceitos de ácidos e bases nessas teorias.
2. Se você usou o conceito **autoprotólise** no seu mapa conceitual, crie um hiperlink para um novo slide explicando o conceito. Comente no mesmo slide sobre a importância desse conceito para os cálculos de pH.
3. Se você usou os conceitos **monoprótico** e **poliprótico** no seu mapa conceitual, crie um hiperlink para um novo slide e explique os conceitos. Comente sobre a diferença entre as constantes de dissociação de um ácido monoprótico, diprótico e poliprótico.
4. Se você usou o conceito **par ácido-base conjugado** explique a relação entre eles. Considere a formação da espécie, a constante de dissociação do ácido e de hidrólise da água.
5. Se você usou os conceitos relacionados à **força dos ácidos e das bases** explique o que define os ácidos e bases como fortes ou fracos.

Observação: Caso você não tenha usado os conceitos envolvidos nas questões acima para o desenvolvimento do seu mapa, comente sobre sua escolha em omiti-los e tente resolver as questões propostas.

APÊNDICE C - Atividade 3: Força das espécies e par ácido-base conjugado

A acidez do rio Negro está associada à matéria orgânica dissolvida em suas águas provenientes do escoamento superficial. A matéria orgânica é composta por ácidos orgânicos, que incluem desde compostos de baixa massa molecular como o **ácido oxálico** até com-

postos extremamente complexos como as substâncias húmicas, e ácidos inorgânicos como o **ácido carbônico**³¹. Os íons NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-} são formados pela decomposição da matéria orgânica e são considerados nutrientes importantes para o crescimento de plantas³².

1. Considere as espécies químicas destacadas, classifique as que não foram classificadas como ácido ou base em meio aquoso. Com auxílio do ChemSketch:
 - a. Desenhe os modelos moleculares de todas as espécies.
 - b. Desenhe os modelos moleculares da base ou ácido conjugado de cada espécie.
 - c. Nomeie todas as espécies.
 - d. Indique a composição percentual em massa de cada espécie.
2. Classifique os ácidos como forte ou fraco. O que deve ser considerado para essa classificação?
3. Considere os ácidos H_3PO_4 , H_2CO_3 e HCl em meio aquoso. Qual deles é o ácido mais forte? Explique.

³¹ HARRISON, R. M. Understanding our environment: an introduction to environmental Chemistry and pollution. UK: The Royal Society of Chemistry, 1999, p. 485.

³² Barros, M. C. P.; PAULA, J. R.; REZENDE, M. O. Caracterização físico-química do ácido húmico de solo da ilha de Cananéia e de sua interação com Fe(III), Cu(II) e Cd(II). Química Nova, v. 17, n° 5, p. 376-380. 1994.

APÊNDICE D - Atividade 4: pH

A matéria orgânica pode afetar indiretamente a vida dos organismos aquáticos, uma vez que sua biodegradação pode causar a depleção de oxigênio dissolvido na água. A vida aquática também pode ser afetada de forma direta através da contaminação por compostos químicos tóxicos ou carcinogênicos que podem bioacumular nos organismos³³.

Nesse contexto, uma atenção especial deve ser dada ao efeito do pH, uma vez que o pH influencia na formação de complexos e na distribuição de espécies químicas³⁴ em sistemas aquáticos. O primeiro passo para entender tais questões é compreender a relação entre pH e o log das concentrações de H^+ e OH^- . Diante disso, pede-se:

- Do conceito de **pH** no seu mapa conceitual crie um hiperlink para um novo slide. Em caixas escreva as fórmulas usadas para o cálculo do pH e para o cálculo do pOH a partir do valor de pH. **Usando o Excel** mostre graficamente a relação entre pH e o log das concentrações de H^+ e OH^- . Crie um hiperlink da fórmula para o arquivo do Excel.

Obs: Para desenvolver o gráfico considere os valores de pH de 0 a 14. Encontre o log das concentrações de H^+ e OH^- e plote o gráfico.

³³ HARRISON, R. M. Understanding our environment: an introduction to environmental Chemistry and pollution. UK: The Royal Society of Chemistry, 1999, p. 485.

³⁴ HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2011, p. 868.

APÊNDICE E - Atividade 5: pH

1. Com auxílio do Excel, determine:
 - a. O pH de uma solução de HBr 0,02 M.
 - b. O pH de uma solução de HBr $0,1 \cdot 10^{-8}$ M.
 - c. O pH de uma solução de HF 0,05 M ($pK_a = 3,45$) .
 - d. Considerando a força e a concentração dos ácidos nas questões anteriores, você adotou o mesmo critério para a determinação do pH? Explique.
2. Através do método de cromatografia líquida, pode ser detectada a presença de drogas em águas fluviais. Uma análise realizada no rio Atibaia na cidade de Campinas (SP) detectou, por exemplo, que a maior concentração de cocaína na água aparece nas terças-feiras e finais de semana. As substâncias vão parar no rio, pelo esgoto, após serem excretadas pela urina do usuário³⁵. Sabendo que o K_b da cocaína é $2,6 \cdot 10^{-6}$, determine o pH da solução de cocaína $0,7 \cdot 10^{-4}$ M.

³⁵ Disponível em: < <http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/39857/analise-agua-atibaia-mapeia-consumo/>.>

APÊNDICE F - Atividade 6: pH e distribuição de espécies

A química ácido-base de muitos sistemas de águas naturais é dominada pela interação do **íon carbonato**, uma base moderadamente forte, com um ácido fraco, o **ácido carbônico**. Quando o ácido perde um íon de hidrogênio produz o **íon bicarbonato**³⁶. Essas espécies são dominantes no ambiente aquático em diferentes valores de pH.

O gráfico abaixo foi desenvolvido por Leenheer e Santos (1980) e mostra a relação entre pH e a percentagem da mistura das águas do rio Negro e Solimões. Nas águas do rio Negro, sem influência das águas do Solimões o pH está *abaixo de 5*, quando as águas misturam-se a uma proporção de 50% o pH apresenta valores *acima de 6,5*, alcançando valores *acima de 7* na mistura total das águas.

Gráfico 1 – Relação entre pH e a percentagem do rio Solimões no rio Negro. Adaptado de Leenheer e Santos (1980)³⁷.

Quais são as espécies dominantes para o sistema aquoso dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato nas seguintes percentagens de mistura:

- 0% (Água do rio negro isenta de mistura).
- 30% de mistura.
- 100% de mistura.

Construa o diagrama de distribuição das espécies no Excel e mostre graficamente a predominância das espécies.

Dados:

$pK_1 = 6,37$

$pK_2 = 10,25$

Concentração de $H_2CO_3 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

³⁶ BAIRD, C.; CANN, M. Química ambiental. GRASSI, M. T. et al (Trad.). Porto Alegre: Bookman, 2011. p. 844.

³⁷ LEENHEER, J. A. & SANTOS, V. Consideração sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro (Amazônia Central). Acta Amazônica v. 10, nº 2, 1980, p. 343-355. Disponível em: < <https://inpa.gov.br/fasciculos/10-2/PDF/v10n2a10.pdf> > Acesso em: 02 jun. 2015.

APÊNDICE G - *Atividade 7: Revendo conceitos*

1. Considere os conceitos envolvendo equilíbrio ácido-base abordados durante o curso Tecnologia e Ensino de Química. Reveja as relações entre os conceitos organizados no seu mapa conceitual inicial e finalize o mapa.

Observação: Você pode inserir novos conceitos ou refazer relações entre os conceitos presentes no seu mapa.

APÊNDICE H - Entrevista Final

1. Você teve dificuldade para usar os programas trabalhados no curso?
2. O que você achou do uso do ChemSketch para auxiliar o aprendizado de par ácido-base conjugado?
3. Qual a sua opinião quanto ao uso do PowerPoint para a organização das relações entre conceitos?
4. Qual a sua opinião sobre o uso do Excel para a resolução de questões referentes a pH e desenvolvimento de gráficos?
5. Você saberia fazer uso desses programas em sua prática docente?
6. O que você achou da estratégia didática desenvolvida neste curso para o ensino de equilíbrio ácido-base?
7. Você considera importante que estratégias didáticas para o ensino de química no nível superior inclua o uso de programas computacionais? Por quê?
8. Em sua opinião, quais as contribuições desse curso para sua prática docente?
9. Você usaria o ChemSketch como uma ferramenta para auxiliar no ensino de química.
10. Você usaria o PowerPoint como uma ferramenta para auxiliar no ensino de Química?
11. Você usaria o Excel como uma ferramenta para auxiliar no ensino de Química?