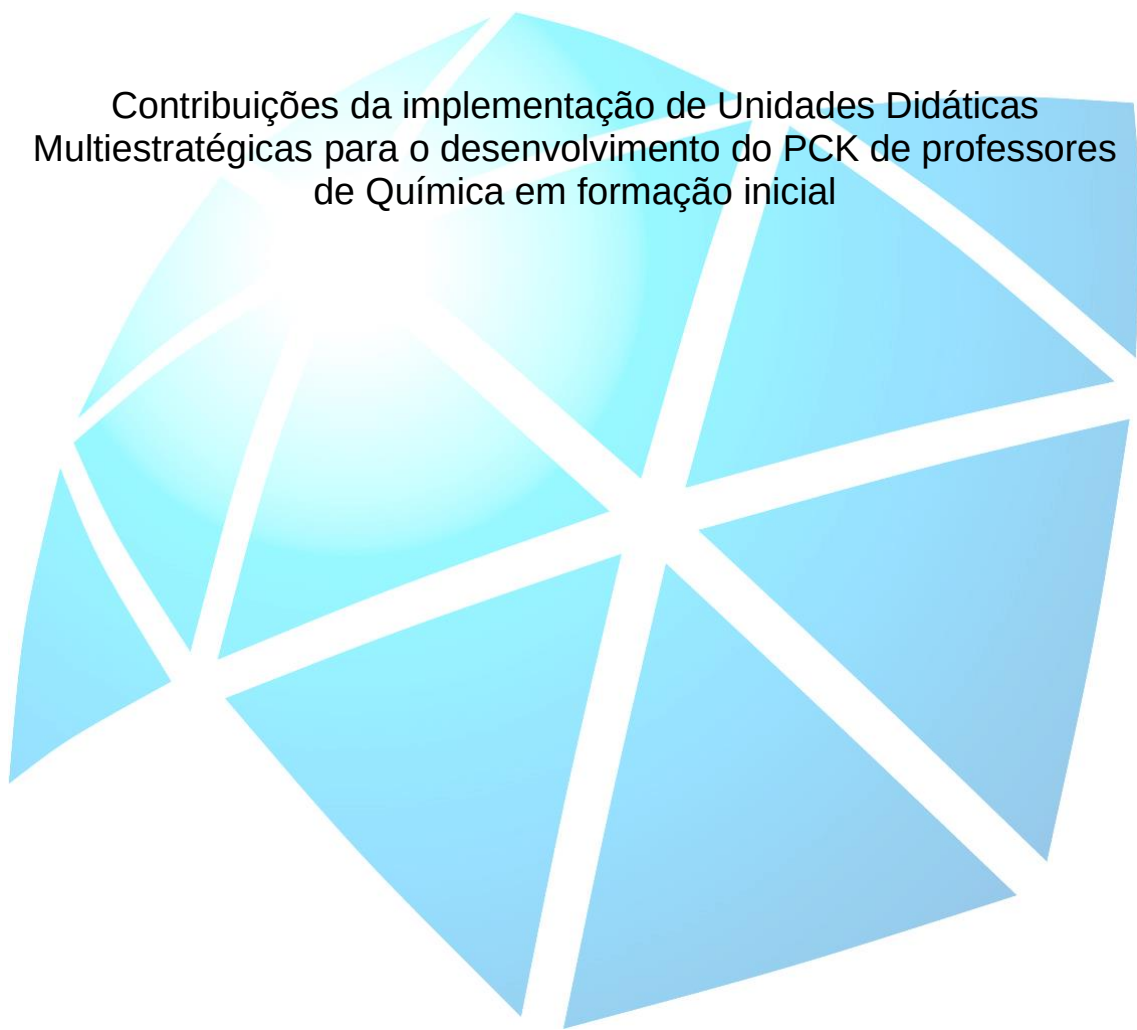


**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA
Milena Alves**

Contribuições da implementação de Unidades Didáticas
Multiestratégicas para o desenvolvimento do PCK de professores
de Química em formação inicial



**Bauru
2023**

Milena Alves

Contribuições da implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas para o desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial

Tese apresentada à Faculdade de Ciências,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Doutora em Educação para a
Ciência.

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Regina Quijadas Aro Zuliani
Coorientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Bauru
2023

Alves, Milena.

Contribuições da implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas para o desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial / Milena Alves, 2023
356 f. : il.

Orientador: Sílvia Regina Quijadas Aro Zuliani

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências, Bauru, 2023

1. Unidades Didáticas Multiestratégicas. 2. Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. 3. Professores - Formação inicial. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE MILENA ALVES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 25 dias do mês de agosto do ano de 2023, às 08:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de MILENA ALVES, intitulada **Contribuições da implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas para o desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Educacao / Faculdade de Ciencias - UNESP Bauru, Profa. Dra. LUCIANE FERNANDES DE GOES (Participação Virtual) do(a) Instituto de Química / Universidade de São Paulo, Prof. Dr. GILDO GIROTTTO JÚNIOR (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química Analítica / Universidade Estadual de Campinas, Prof. Dr. VAGNER ANTONIO MORALLES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química Analítica, Físico- Química e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP Araraquara, Profa. Dra. PATRÍCIA FERNANDA DE OLIVEIRA CABRAL (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências - UNESP Bauru. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: **__APROVADA__**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI

Dados curriculares

IDENTIFICAÇÃO

Nome: Milena Alves

Nome em citações bibliográficas: Alves, M.

FORMAÇÃO ACADÊMICA/TITULAÇÃO

Graduação: Licenciatura em Química, Instituto de Química, Unesp - Câmpus Araraquara, 2014.

Graduação: Licenciatura em Ciências, Universidade de São Paulo, Câmpus Jaú, 2019.

Mestrado: Mestre em Química, Instituto de Química, Unesp – Câmpus Araraquara, 2018.

VÍNCULO PROFISSIONAL

2015 - 2015: Professora – E. E. Capitão Henrique Montenegro, Bocaina/SP;

2015 - 2020: Professora – Instituto Educacional Bezerra de Menezes, Jaú/SP;

2017- 2020: Professora - E. E. Professor Doutor Benedicto Montenegro, Jaú/SP;

2020 - 2020: Estágio Supervisionado em Docência (bolsista) – Disciplina Instrumentação para o Ensino de Química – Licenciatura em Química – Instituto de Química, Unesp - Câmpus Araraquara;

2021: Professora e Coordenadora Pedagógica da Área de Ciências da Natureza e Matemática – E. E. Professor José Nicolau Pirágine, Jaú/SP;

2022 - atual: Coordenadora de gestão pedagógica geral – E. E. Professor José Nicolau Pirágine, Jaú/SP.

SUPERVISÃO CIENTÍFICA

Supervisão científica no ano de 2021, sem bolsa:

- **Bruna Gabrielle Olsen Pinto:** Uma proposta de Unidade Didática Multiestratégica para o ensino de química ambiental em uma perspectiva dos 3MP.
- **Eloisa Marques de Souza Facirolli:** Desenvolvimento de uma Unidade Didática Multiestratégica para o ensino de isomeria no contexto de cursinhos populares.
- **Evilim Martinez de Oliveira:** Uma proposta de Unidade Didática Multiestratégica para o ensino de princípios da espectroscopia em uma abordagem CTS.
- **Gabriela Fonseca de Oliveira:** Química orgânica no combate à dengue: uma proposta de Unidade Didática Multiestratégica para o ensino médio em uma perspectiva CTS/CTSA.
- **Letícia Damiano Dantas:** Uma proposta de Unidade Didática Multiestratégica para o ensino de bioquímica sob a perspectiva CTS no contexto do ensino médio.

TRABALHOS PUBLICADOS

ALVES, M.; BEGO, A. M. A celeuma em torno da temática do planejamento didático-pedagógico: definição e caracterização de seus elementos constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. 1, p. 71-96, 2020.

ALVES, M.; BEGO, A. M.; ZULIANI, S. R. A. Q. Conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK): revisão sistemática da produção recente da área de Ensino de Ciências. *In: XII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC)*, 2019, Natal, RN.

ALVES, M.; BEGO, A. M.; ZULIANI, S. R. A. Q. Desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo por meio da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica. *In: XI ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA (EPPEQ)*, 2021.

BEGO, A. M.; ALVES, M.; GIORDAN, M. O planejamento de sequências didáticas de química fundamentadas no Modelo Topológico de Ensino: potencialidades do Processo EAR (elaboração, Aplicação e Reelaboração) para a formação inicial de professores. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 3, p. 625- 645, 2019.

LVES, M.; BEGO, A. M.; ZULIANI, S. R. A. Q. Desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo por meio da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 7, 2023.

PRODUTOS EDUCACIONAIS

OLIVEIRA, E. M.; BEGO, A. M.; ALVES, M.; GOMES NETO, J. A. **O que tem nessa água? A espectroscopia explica!**. 2022. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Manual Didático).

DANTAS, L. D.; BEGO, A. M.; ALVES, M.; GARRIDO, S. S. **Você é o que você come!**. 2022. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Manual Didático).

OLIVEIRA, G. F.; BEGO, A. M.; ALVES, M.; NASCIMENTO, I. R. **Unidade Didática Multiestratégica: 'química orgânica no combate à dengue'**. 2022. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Manual Didático).

PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS

VII Evento de Educação em Química (EVEQ) “**Química de todas as cores: diversidade em foco**”, 2019 - Araraquara, SP;

XII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC) “**Pesquisa em Educação em Ciências: Diferença, Justiça Social e Democracia**”, 2019 – Natal, RN;

XVI Evento de Educação em Química (EVEQ) **“Ensino de Química em Tempos de Crise: reformas, retrocessos e desafios”**, 2018 - Araraquara, SP;

XIX ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICAS DE ENSINO - XIX ENDIPE, **“Para onde vai a didática?”**, 2018 - Salvador, BA.

PARTICIPAÇÃO EM BANCA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BEVILAQUA, D.; MILAGRE, C. D. F.; ALVES, M. Participação em banca de Guilherme Salvador Peres Neto. Uma proposta de unidade didática multiestratégica para ensinar sobre poluição e recuperação de metais pesados no ensino de química ambiental na perspectiva da ciência-tecnologia sociedade-ambiente. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

BEGO, A. M.; MORALLES, V. A.; ALVES, M. Participação em banca de Luiz Gustavo da Silva Rocha. Metodologias de ensino na formação inicial de professores: caracterização das disciplinas voltadas ao processo de ensino e aprendizagem de propostas metodológicas para o ensino de ciências. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

À minha família, pelo carinho, amor,
apoio e dedicação de sempre!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista (UNESP) e à Faculdade de Ciências de Bauru (FC) por terem me propiciado uma formação de excelência nesses anos em que me dediquei ao desenvolvimento da minha tese de doutorado.

À minha orientadora, Prof. Dra Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani, que sempre me incentivou e me auxiliou nesses anos, com paciência e dedicação.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Amadeu Moura Bego, por toda, paciência, conselhos e ensinamentos, por ter me ajudado todas as vezes que pensei em desistir. Mais do que um orientador, um grande exemplo de profissional e de ser humano.

Ao meus pais, Carmen Lucia Serrano Alves e Aparecido Caetano Alves (em memória), e aos meus irmãos Aparecido Caetano Alves Júnior e Maximiliano Alves e à minha irmã, Mirele Alves, que me ajudaram e apoiaram em toda esta jornada.

A todos os integrantes da Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ) pela convivência, amizade e ensinamentos.

Aos meus amigos de vida, que nunca deixaram de acreditar em mim.

Aos professores e à equipe gestora da E. E. Professor José Nicolau Pirágine que me acompanharam nos últimos anos do desenvolvimento da tese e, me apoiaram e me incentivaram a chegar até aqui.

“[...] teachers are not simply doers; those who realize what others have planned. Teachers fill much of the school related parts of their lives with planning, enactment, and reflection on instruction. At each phase, teachers continually assess their performance primarily based on interactions with students. As a result, teachers develop a body of knowledge unique to the members of the teaching profession. In this regard, it is PCK that is at the heart of teacher professionalism”

Park e Oliver (2008)

RESUMO

A profissão docente é complexa e exige o desenvolvimento de muitos conhecimentos. Dentre os conhecimentos requeridos pela profissão, destaca-se o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), estudado inicialmente por Shulman. Muitos outros pesquisadores se dedicaram ao estudo desse conhecimento e, nesta pesquisa, pretendeu-se investigar as contribuições do percurso formativo de implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica para o desenvolvimento do PCK em professores de Química em formação inicial. A perspectiva adotada nesta pesquisa é a de que a implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica pode contribuir para desenvolver o PCK nas três diferentes dimensões: PCK em ação, PCK coletivo e PCK pessoal. A pesquisa foi desenvolvida seguindo os aportes teórico-metodológicos da pesquisa qualitativa, fazendo-se uso do estudo de caso. Os dados coletados foram duas versões do planejamento desenvolvidos por três licenciandas em Química, um questionário e o diário de aula respondido e elaborado pelas licenciandas, os PaPeRs elaborados pela pesquisadora e o CoRe, um instrumento frequentemente utilizado ao redor do mundo por pesquisadores para a investigação de PCK. Utilizou-se para análise dos dados o modelo consensual refinado (RCM) para o PCK e o modelo proposto por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), em virtude de ser o mais atual e o mais utilizado na área de Ensino de Ciências, respectivamente. A análise dos dados se deu por meio da análise de conteúdo, a partir dos pressupostos de Bardin (2010). As categorias de análise foram pré-definidas com base nos modelos de PCK mencionados. Os resultados apontaram para o desenvolvimento do PCK para as três licenciandas, em maior nível para a licencianda Pamela e, em menor nível, para a licencianda Julie. Os dados indicam ainda que o processo de implementação da UDM incide sobre as três dimensões do PCK, possibilitando transformações do PCK coletivo e do PCK em ação no PCK pessoal das licenciandas. As tarefas de elaboração da UDM, ditas tarefas pré-metodológicas, principalmente, proporcionaram momentos oportunos para o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo e observou-se para as três licenciandas o desenvolvimento amplo do Conhecimento sobre o currículo de Ciências e do Conhecimento sobre as estratégias didáticas.

Palavras-chave: Conhecimento Pedagógico do Conteúdo; formação inicial de professores; unidade didática multiestratégica; planejamento didático-pedagógico.

ABSTRACT

The teaching profession is complex and requires the development of diverse kind of knowledge. Among the knowledge needed by the profession, Pedagogical Content Knowledge (PCK) stands out, initially studied by Shulman. Many other researchers dedicated themselves to the study of this knowledge and, in this research, we intended to investigate the contributions of the implementation of a Multistrategic Didactic Unit (MDU) for the development of chemistry teacher students' PCK. The perspective adopted in this research is that the implementation of a Multistrategic Didactic Unit can contribute to develop the PCK in three different dimensions: PCK in action, collective PCK and personal PCK. The research was developed following the theoretical-methodological principles of qualitative research, making use of the case study method. The data collected were two versions of the MDU by three Chemistry undergraduates, a judgment and the class diary answered and prepared by the undergraduates, the PaPeRs prepared by the researcher and the CoRe, an instrument widely used by researches investigate PCK. The RCM model for PCK and the model proposed by Magnusson, Krajcik and Borko (1999) were used for data analysis, as they are the most current and worldwide spread in the area of Science Education, respectively. Data analysis was carried out through content analysis, based on Bardin's principles (2010). The analysis categories were pre-defined based on the mentioned PCK models. The results pointed to the development of the PCK for the three chemistry teacher students, to a greater extent for the licensee Pamela and, to a lesser extent, for the student Julie. The data also indicate that the UDM implementation process focuses on the three dimensions of the PCK, transforming the collective PCK and the PCK in action into the personal PCK of the licensees. The UCM elaboration tasks, called pre-methodological tasks, mainly provide opportune moments for the development of knowledge of the content and it was observed for the three graduates the broad development of Knowledge about the Science curriculum and Knowledge about didactic strategies.

Keywords: Pedagogical content knowledge; initial teacher education; multistrategic didactic unit; teaching planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Linha do tempo com as principais regulamentações referentes às Licenciaturas em Química no Brasil.	25
Figura 2. Linha do tempo com os principais modelos que abordam os conhecimentos básicos para os professores.....	30
Figura 3. Modelo MRPA proposto por Shulman (1987) e adaptado de Salazar (2005) para desenvolvimento do PCK.....	34
Figura 4. Modelo de relação entre os conhecimentos do professor, segundo Grossman (1990).....	38
Figura 5. Modelo da base dos conhecimentos, segundo Carlsen (1999).	40
Figura 6. Componentes do PCK, segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999).....	46
Figura 7. Modelo Pentagonal de Oliver e Park (2008) para o PCK.....	47
Figura 8. Modelo de Oliver e Park (2008) para o PCK.....	51
Figura 9. Modelo da Cúpula do PCK.	54
Figura 10. Modelo de PCK denominado RCM.	56
Figura 11. Modelo de planejamento proposto por Sánchez Blanco e Valcárcel Pérez (1993).....	62
Figura 12. Sequenciamento das atividades didáticas em espiral.....	65
Figura 13. Síntese do processo de implementação de uma UDM.	66
Figura 14. Sistematização do planejamento de uma Unidade Didática Multiestratégica (UDM).....	67
Figura 15. Triângulo que relaciona os aspectos do conhecimento químico.	72
Figura 16. Caráter bidimensional da Taxonomia de Bloom Revisada. .	79
Figura 17. Atividades envolvidas na segunda etapa de implementação de uma UDM.	85
Figura 18. Relação entre as etapas da implementação de uma UDM e as dimensões de PCK no RCM.....	91
Figura 19. Os componentes do PCK e as tarefas de planejamento de uma UDM.	96
Figura 20. Análise em perspectiva do contexto, dos instrumentos para coleta de dados e das ações do pesquisador.	114

Figura 21. Desenhos básicos em pesquisa qualitativa.	119
Figura 22. Convergência de várias fontes de evidências.....	121
Figura 23. Sexo dos licenciandos que responderam ao questionário.	123
Figura 24. Percentual da idade dos licenciandos na turma participante da pesquisa.	124
Figura 25. Classificação da turma com relação à cor autodeclarada..	124
Figura 26. Procedência dos licenciandos.....	125
Figura 27. Ambiente Virtual de Aprendizagem usado na disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química.	129
Figura 28. Diferentes abordagens para determinar o PCK dos professores de ciências e sua relação com diferentes formas de PCK.	132
Figura 29. Dimensão ePCK no modelo RCM, destacando a importância da reflexão sobre a ação no desenvolvimento do PCK.....	142
Figura 30. Desenvolvimento de uma análise a partir dos pressupostos da AC.	144
Figura 31. Tarefa 1 - Caracterização do contexto da intervenção didático-pedagógica elaborada em sua primeira versão pelas licenciandas.	170
Figura 32. Reunião de orientação para discutir a Tarefa 5 da elaboração de uma UDM.	181
Figura 33. Experimento 3 preparado pelas licenciandas em uma das aulas propostas pelas licenciandas.....	185
Figura 34. Síntese do cPCK construído durante as reuniões de orientação.....	186
Figura 35. Figura 1, mencionada no diário de aula pelas licenciandas e que, segundo elas, pode ter influenciado na identificação de um obstáculo realista.....	235

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Objetivos do Ensino de Ciências das orientações para o Ensino de Ciências.....	42
Quadro 2. Matriz de caracterização da UDM.	68
Quadro 3. Matriz da Tarefa 1 da UDM: Contexto da intervenção didático-pedagógica.....	69
Quadro 4. Matriz da Tarefa 2 da UDM: Análise científico-epistemológica.	70
Quadro 5. Matriz da Tarefa 3 da UDM: Análise didático-pedagógica. ..	74
Quadro 6. Obstáculos epistemológicos e suas características.	75
Quadro 7. Matriz da Tarefa 4 da UDM: Abordagem Metodológica.	76
Quadro 8. Matriz das Tarefas 5 da UDM: seleção dos objetivos de aprendizagem.....	77
Quadro 9. Estrutura da dimensão conhecimento da taxonomia de Bloom revisada.....	79
Quadro 10. Verbos da dimensão cognitiva e seus gerúndios associados.	80
Quadro 11. Matriz das Tarefas 6 e 7 da UDM: seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação.	81
Quadro 12. Síntese dos objetivos e procedimentos de cada uma das 7 tarefas da UDM.	82
Quadro 13. Seções dos diários reflexivos propostos pela RIPEQ.	86
Quadro 14. Estrutura curricular para o curso de licenciatura em Química vigente a partir de 2015.....	103
Quadro 15. Plano de ensino da disciplina Instrumentação para o Ensino de Química.	106
Quadro 16. Plano de ensino da disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química.	107
Quadro 17. Cronograma da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química.	110
Quadro 18. Cronograma da disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química.	111

Quadro 19. Síntese das diferenças entre a pesquisa qualitativa e quantitativa.	115
Quadro 20. Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa.	117
Quadro 21. Instrumento CoRe - Representação do Conteúdo.	134
Quadro 22. Categorização dos conhecimentos componentes do PCK, segundo modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999).	148
Quadro 23. Síntese das questões, fontes de dados e instrumentos de pesquisa.	150
Quadro 24. CoRe do conteúdo Forças de Interação Intermoleculares preenchido pela Julie antes da implementação da UDM.	153
Quadro 25. Análise do CoRe respondido pela licencianda Julie antes da implementação da UDM.	154
Quadro 26. CoRe do conteúdo Forças de Interação Intermoleculares preenchido pela Shirley antes da implementação da UDM.	158
Quadro 27. Análise do CoRe respondido pela licencianda Shirley antes da implementação da UDM.	159
Quadro 28. CoRe do conteúdo “Forças de interação” preenchido pela Pamela antes da implementação da UDM.	162
Quadro 29. Análise do CoRe respondido pela licencianda Pamela antes da implementação da UDM.	164
Quadro 30. Caracterização da primeira versão da UDM elaborada pelas licenciandas.	187
Quadro 31. Quadro síntese do instrumento de análise textual da UDM.	188
Quadro 32. Objetivos geral e específicos da primeira versão da UDM.	190
Quadro 33. Objetivos, conteúdos, forma de alcançá-los e avaliação.	190
Quadro 34. Objetivos propostos pelas licenciandas quanto às dimensões conhecimento e processo cognitivo.	191
Quadro 35. Objetivos específicos e instrumentos de avaliação/ materiais de aprendizagem correspondentes.	193
Quadro 36. Análise da 1ª versão da UDM.	198

Quadro 37. CoRe do conteúdo “Forças de interação entre as partículas” preenchido pela Julie após a implementação da UDM.	199
Quadro 38. Análise do CoRe respondido pela licencianda Julie após a implementação da UDM.	200
Quadro 39. CoRe do conteúdo “Forças de interação entre as partículas” preenchido pela Shirley após a implementação da UDM.	207
Quadro 40. Análise do CoRe respondido pela licencianda Shirley após a implementação da UDM.	210
Quadro 41. CoRe do conteúdo “Forças de interação entre as partículas” preenchido pela Pamela após a implementação da UDM.	214
Quadro 42. Análise do CoRe respondido pela licencianda Pamela após a implementação da UDM.	218
Quadro 43. Alteração observadas na 2ª versão da UDM, ou versão da intervenção.	226
Quadro 44. Objetivos geral e específicos da primeira versão da UDM.	228
Quadro 45. Objetivos, conteúdos, forma de alcançá-los e avaliação.	229
Quadro 46. Objetivos propostos pelas licenciandas quanto às dimensões conhecimento e processo cognitivo.	230
Quadro 47. Análise da 2ª versão da UDM ou versão da intervenção.	233
Quadro 48. Quadro comparativo entre os conhecimentos, componentes do PCK, antes e depois da implementação da UDM.	238
Quadro 49. Primeira versão da Tarefa 1.	263
Quadro 50. Primeira versão da Tarefa 2.	268
Quadro 51. Primeira versão da Tarefa 3.	281
Quadro 52. Primeira versão da Tarefa 4.	285
Quadro 54. Primeira versão das Tarefas 6 e 7.	291

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Categorias temáticas, justificativas, extratos representativos das respostas coletadas e ocorrências dos temas relativos à finalidade do planejamento do ensino.	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC = Análise do Conteúdo

AVA = Ambiente Virtual de Aprendizagem

CAPES = Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

C&E = Ciência e Educação

CNPq = Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CoRe = Representação do Conteúdo

cPCK = PCK coletivo

CPC = Conhecimento Pedagógico do Conteúdo

ePCK = *enacted* PCK ou PCK em ação

EVEQ = Evento de Educação em Química

FAPESP = Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

IENCI = Investigações em Ensino de Ciências

IQ/CAR = Instituto de Química – Câmpus de Araraquara

MRPA = Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação

PaPeR = *Professional and Pedagogical Experience Repertoires*

PCK = *Pedagogical Content Knowledge*

PEECS = Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado

PEQUIM = Grupo de Pesquisa em Ensino de Química

pPCK = PCK pessoal

RBECT = Revista Brasileira de Ciências e Tecnologia

RIPEQ = Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química

RCM = Modelo Consensual Refinado

SD = Sequência Didática

SEI = Sequência de Ensino Investigativo

TCLE = Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TICs = Tecnologias da informação e comunicação

UD = Unidade Didática

UDM = Unidade Didática Multiestratégica

UNESP = Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

SUMÁRIO

MEMORIAL ACADÊMICO.....	22
INTRODUÇÃO	24
1 CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO.....	28
1.1 Lee Shulman e o PCK.....	28
1.2 PCK – Concepções e modelos.....	29
1.2.1 Modelo de Shulman (1987) para o PCK.....	30
1.2.2 Modelo de Grosman (1990) para o PCK.....	36
1.2.3 Modelo de Carlsen (1999) para o PCK.....	39
1.2.4 Modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) para o PCK.....	41
1.2.5 Modelo de Park e Oliver (2008) para o PCK.....	46
1.2.6 Modelo da cúpula do PCK.....	52
1.2.7 Modelo Consensual Refinado (RCM) do PCK para o Ensino de Ciências.....	55
2 O PLANEJAMENTO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO NO FORMATO DE PROJETOS ESTRUTURADOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	61
2.1 Percurso formativo de Implementação de uma UDM - Planejamento de UDM	66
2.2 Percurso formativo de Implementação de uma UDM - Intervenção da UDM.....	84
2.3 Percurso formativo de Implementação de uma UDM - Replanejamento da UDM.....	85
3 APROXIMAÇÕES E AFASTAMENTOS ENTRE AS PROPOSTAS DE PCK E DA RIPEQ	89
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	99
4.1 Justificativa, problema e questões de pesquisa.....	99
4.1.1 Justificativa para a pesquisa e para a escolha dos modelos de PCK adotados.....	99
4.1.2 Problemas e questões de pesquisa	101
4.2 Contexto de pesquisa	102
4.2.1 Contexto geral.....	102
4.2.2 Contexto específico.....	103
4.3 Natureza da pesquisa	114
4.3.1 A escolha pela abordagem de pesquisa qualitativa.....	114
4.3.2 O estudo de caso como desenho de pesquisa	117
4.4 Fontes de informação.....	120
4.4.1 Participantes	122
4.4.2 Documentos.....	128
4.4.3 Espaços.....	128
4.5 Instrumentos de pesquisa para coleta de informações	129
4.5.1 CoRe.....	136
4.5.2 PaPeR.....	137
4.5.3 Análise documental das versões da UDM.....	138
4.5.4 Gravações de áudio e vídeo.....	140
4.5.5 Diário de aula.....	141
4.6 Procedimentos para tratamento e análise dos dados.....	142
4.7 Triangulação dos dados.....	150
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	152
5.1 Análise e caracterização do pPCK inicial das licenciandas	152
5.1.1 Análise e caracterização do pPCK inicial de Julie.....	152
5.1.2 Análise e caracterização do pPCK inicial de Shirley	158

5.1.3	Análise e caracterização do pPCK inicial da Pamela.....	162
5.2	Reuniões de orientação e a construção do cPCK	168
5.3	Análise da 1ª versão da UDM	186
5.4	Análise e caracterização do pPCK das licenciandas após implementação da UDM.....	199
5.4.1	Análise e caracterização do pPCK de Julie após implementação da UDM	199
5.4.2	Análise e caracterização do pPCK de Shirley após implementação da UDM	206
5.4.3	Análise e caracterização do pPCK de Pamela após implementação da UDM	213
5.5	Análise da 2ª versão da UDM e do diário de aula	226
5.6	Triangulação das informações e inferências sobre o desenvolvimento do conhecimento do PCK.....	237
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	247
	REFERÊNCIAS	250
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	260
	APÊNDICE B – PAPER - GRUPO PAMELA, SHIRLEY E JULIE	262
	APÊNDICE C – DESCRIÇÃO DAS AULAS GRAVADAS.....	299
	ANEXO A - INSTRUMENTO PARA PLANEJAMENTO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO DE UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA	302
	ANEXO B - QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES.....	305
	ANEXO C - INSTRUMENTO PARA ANÁLISE TEXTUAL DA UDM	308
	ANEXO D - VERSÃO DA INTERVENÇÃO DA UDM	311

Memorial acadêmico

Começo esse memorial acadêmico me apresentando. Meu nome é Milena Alves, sou licenciada em Química, pela UNESP – IQ/CAr. Sou licenciada em Ciências pela USP – Câmpus Jaú. Sou mestra em Química pela UNESP – IQ/CAr. Atuo hoje como coordenadora de gestão pedagógica geral na E. E. Professor José Nicolau Piráguine.

Feita essa breve apresentação, peço alguns minutos de seu tempo para reviver a trajetória que me trouxe até aqui.

O ano era 2014, último ano dos cinco longos anos (muito) necessários para conseguir o tão esperado diploma do ensino superior. Faltava pouco!

Um misto de sensações, dentre as quais, ansiedade e apreensão diante das novas disciplinas, esperança de que fosse um ano mais tranquilo e muitas expectativas e sonhos para a vida profissional, que estava mais próxima do que nunca.

A esperança de um ano tranquilo já na primeira semana de aula foi deixada de lado e a realidade se pôs à minha frente. Seria um ano como todos os outros, de correria, muitos trabalhos, provas, disciplinas e horas no laboratório desenvolvendo o trabalho da iniciação científica, que foi iniciado no meu segundo ano de faculdade. Em 2011, na primeira disciplina de química analítica fui convidada pela professora Hideko a tentar uma bolsa FAPESP para desenvolver o projeto na área de eletroquímica. Minha primeira reação foi dizer que eu não conseguiria uma bolsa FAPESP, pois já tinha no meu histórico uma reprovação em cálculo I. A professora, então, muito calmamente me disse “O não já temos, vamos em busca do sim!”. Inspiradora, porém, como já imagina e temia, o “não” veio como resposta e, inicialmente, desenvolvi a iniciação sem bolsa.

Passado algum tempo, consegui uma bolsa CNPq e desenvolvi por três anos o projeto que tinha como objetivo desenvolver estudos de aplicação analítica de um peptídeo biomimético da acetilcolinesterase na determinação do pesticida organofosforado diclorvós. Participei de congressos de iniciação científica e pude perceber como era a rotina de pesquisadores da área, a rotina no laboratório, fazendo e (algumas vezes) refazendo os experimentos. Estava quase convencida de que não faria mestrado e doutorado em Química.

Em 2014, recebi uma proposta de trocar de projeto e fazer parte de um projeto FAPESP (Desenvolvimento de metodologia eletroanalítica para quantificação de derivados do ácido gálico), com uma pós-doutoranda, a Mariele. Fui, então em busca, mais uma vez, do Sim da FAPESP. Surpresa! Nosso projeto foi aceito e, me tornei uma bolsista FAPESP. Com a bolsa, muitas outras responsabilidades vieram também. Meus horários no laboratório aumentaram consideravelmente e os prazos para entrega de relatórios tornaram-se presentes no meu calendário de provas e trabalhos da faculdade.

As surpresas do último ano não vieram só do laboratório, mas também das aulas da graduação. As disciplinas pedagógicas, que até então pouco envolviam os alunos e eram consideradas por muitos, como menos importante, passaram a ter destaque.

Em particular, em uma das disciplinas (Instrumentação para o Ensino de Química) foi requisitado que desenvolvêssemos uma Unidade Didática Multiestratégica (UDM), que nada mais é que o planejamento de uma sequência de aulas articuladas e planejadas pelo professor com objetivos definidos. Tal unidade deveria ser pensada no contexto do estágio e, após a etapa de planejamento, haveria a intervenção e o replanejamento da unidade.

Era a primeira vez da maioria de nós, alunos, na escola e, todas essas etapas envolveram a mim e ao meu grupo. Desenvolvemos, assim, uma UDM sobre o tema radioatividade. Aprendi muito sobre radioatividade, mas mais que isso aprendi muito sobre o trabalho do professor, que como muitos pensam, está longe de ser o de um técnico especialista que transmite conhecimentos prontos e acabados. Isso foi me despertando grande interesse por trabalhos e pesquisas da área de ensino, pois para desenvolver a UDM precisamos ler muitos artigos.

Concomitantemente a essa disciplina, tive mais duas ou três disciplinas da área ao longo do ano. O que elas me trouxeram? Grandes contribuições no âmbito dos conhecimentos pedagógicos e fizeram despertar o início de uma paixão pela área.

O estágio autônomo me fez perceber também que apesar de as pesquisas na área serem interessantes e muito relevantes, havia muita coisa que ainda não chegava nas salas de aulas das escolas de educação básica. Foi assim, então, que decidi que gostaria de pesquisar sobre o Ensino de Química e me aprofundar nos estudos da área, pois ainda me faltava muito embasamento teórico e

conhecimento de como se fazia pesquisa no ensino, mas junto com essa certeza percebi que precisava vivenciar a sala de aula. Nesse momento desisti definitivamente de fazer mestrado e doutorado na área de Química Analítica. Com todo conhecimento desenvolvido, percebi que sempre quis ser professora de Química.

Dessa forma, decidi que, após terminar a graduação, iria atuar como professora na escola básica. E, assim, aconteceu...

Uma semana após a colação de grau, iniciei o trabalho como professora em uma escola estadual da minha cidade, Bocaina. Muitos desafios pela frente, dúvidas e incertezas era o que eu mais tinha na sala de aula. Se, por um lado, me sentia segura com relação a todo o conhecimento de Química, por outro me sentia insegura diante da complexidade da sala de aula, das situações inusitadas, da atuação como professora. Como poderia motivar os alunos? Como deveria organizar o ensino? Como manter a disciplina na sala?

Esse ano de experiência na sala de aula me motivou a buscar novos conhecimentos e, foi assim que pensei, em tentar um mestrado. Imediatamente imaginei que voltar à universidade seria uma nova oportunidade de adquirir conhecimentos e, agora, com um pouco da vivência prática adquirida as discussões seriam até mais proveitosas. Foi então que ingressei no mestrado em química, no mesmo Instituto de Química (IQ-CAr) em que me licenciiei.

De novo, um misto de sensações: a satisfação pela conquista e uma certa apreensão pelo novo desconhecido. Será que conseguiria? O que eu iria pesquisar?

Muitas dúvidas me surgiram, mas eu me agarrava a uma certeza: queria que meu projeto tivesse como foco o ensino de Química/Ciências. Procurei o professor Amadeu, que, então, me propôs o desenvolvimento de um projeto pelo qual eu me apaixonaria.

Desenvolvi durante o mestrado uma revisão sistemática dos termos dos elementos do planejamento didático-pedagógico do professor e, realizei, também, a proposição da definição teórica desses termos.

Para isso, realizei muitas leituras que me trouxeram um olhar amplo para a profissão docente e, a cada nova leitura, me sentia mais e mais motivada a ler e a pesquisar nessa área.

Pude notar que são tão ricas as referências acerca da profissão docente e muitas vezes me questionava o motivo pelo qual não tinha havido discussões sobre os saberes dos professores e sobre as atribuições necessárias à profissão durante os anos de graduação. Por vezes, também, me questionava quão falha havia sido a minha formação no âmbito dos conhecimentos pedagógicos e o quanto isso poderia ter dificultado a minha atuação como professora.

No final do mestrado, fui chamada no concurso como professora da rede estadual do estado de São Paulo. Era a última chamada de um concurso que eu havia feito em 2013. Fiquei muito indecisa sobre aceitar ou não o cargo, porém convencida pela minha mãe e esperançosa sobre poder ter uma segunda chance nas salas de aulas, aceitei. Iniciei, então, em 2017, como professora de Química na E. E. Professor Benedicto Montenegro. Uma escola de um bairro periférico de Jaú, cidade vizinha de onde morava. Os alunos eram carentes e, em sua maioria, indisciplinados.

Por alguns meses conciliei o trabalho como professora com o desenvolvimento da dissertação de mestrado. Nessa época, no entanto, já tinha mais autonomia e consegui desenvolver um trabalho um pouco mais diferenciado com as experiências do mestrado e mais madura enquanto professora.

Após o término do mestrado, ainda estava na escola em que ingressei. Sem pensar muito já me inscrevi para o doutorado, com medo de, com o passar do tempo, acabar desistindo do doutorado e me acomodar na sala de aula. Dessa vez, orientada pelo professor Amadeu, decidi tentar o doutorado na Faculdade de Ciências, em Bauru. Tive muito medo da prova, mas fui muito incentivada e muito bem formada no mestrado. Em todas as conversas com o professor Amadeu, ele me dizia que eu estava preparada. E estava! Passei em primeiro lugar no doutorado em Educação para a Ciência. Mais uma bela surpresa da vida!

Me preparei muito para a prova, e uma das etapas do processo seletivo era a apresentação de um projeto de pesquisa. Assim, durante as pesquisas sobre os possíveis projetos de pesquisa me deparei com a temática do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK).

O PCK era desconhecido por mim até o dia em que fui, a convite do professor Amadeu, assistir a uma defesa de doutorado cuja temática investigativa era o desenvolvimento do PCK em professoras em serviço.

Durante sua fala, o autor falou, entre outras coisas, sobre o planejamento das professoras e como esse planejamento poderia auxiliar ou não o desenvolvimento do PCK. Nesse momento, imaginei que a elaboração e aplicação das UDM ou dos projetos de ensino, estudados por mim no trabalho de mestrado, poderiam, também, influenciar no desenvolvimento do PCK de licenciandos.

Mas essa história não parou por aí. Ingressei em 2018 no doutorado e no primeiro ano do curso me dediquei ao cumprimento dos créditos em disciplinas e outras exigências do curso. As aulas na escola aconteciam no período da manhã e no período da tarde eu fazia as aulas das disciplinas do doutorado. Nessa época eu tinha 18 aulas semanais.

Em 2020, porém o mundo vivenciou a pandemia da Covid-19. Nesse período, ministrei as aulas de Instrumentação para o Ensino de Química, disciplina que me trouxe para a área de ensino e que mais uma vez foi importante na minha vida. Dessa vez, a disciplina me ajudou a superar os desafios da docência na pandemia. Participei de cursos, recebi muitas orientações do professor Amadeu (mesmo a distância), descobri plataformas e terminei o ano com a sensação de ser mais professora do que antes. Eu dei aulas a pandemia toda e desenvolvi muitos conhecimentos, entre os quais os tecnológicos!

Foi durante a pandemia também que fiz minha coleta de dados e fechei minha questão de pesquisa *“De que modo o processo de implementação de uma UDM incide sobre o desenvolvimento do PCK em professores de Química em formação inicial?”*

Hoje, em 2023, sou uma doutoranda da pandemia e uma coordenadora que sente os efeitos da pandemia na aprendizagem dos estudantes. Em todas as orientações dadas aos professores, sinto os efeitos de quase dois anos sem alunos nas escolas e, juntos tentamos superar os efeitos na aprendizagem dos alunos. Mais do que nunca vejo quão importante é a formação docente e, agora, como coordenadora, tento realizar uma formação contínua, significativa e de qualidade. E a história continua...

INTRODUÇÃO

Uma das questões centrais da atividade docente diz respeito aos conhecimentos que diferenciam o professor como profissional de ensino de outros profissionais. Um dos principais desafios é entender que o docente, assim como outros profissionais de diferentes áreas de atuação, tem um conhecimento próprio que caracteriza e identifica privativamente seu trabalho e que permite seu exercício como um profissional.

Diferentes pesquisas ao longo dos anos têm se dedicado ao estudo e identificação desses conhecimentos. Lee Shulman (1986) foi um dos pesquisadores que desenvolveu um estudo sobre a temática e propôs sete categorias para o conhecimento do professor, entre eles o conhecimento do conteúdo específico e o conhecimento pedagógico.

Aceita-se que o conhecimento do conteúdo específico desempenha papel importante dentro a base de conhecimentos para o ensino (*knowledge base*). No entanto, considerando que o processo de ensino e aprendizagem é múltiplo e complexo, é consenso, também, que apenas o domínio do conteúdo específico não é garantia de bom desempenho na atuação do professor em sala de aula. Assim, outros conhecimentos docentes podem ser destacados: conhecimento dos estudantes e suas características; conhecimento do contexto; conhecimento dos propósitos e valores educacionais e conhecimento pedagógico do conteúdo, ou PCK, do inglês, *Pedagogical Content Knowledge* (SHULMAN, 1986; 1987).

As definições e os entendimentos de PCK foram sendo refinados ao longo dos anos. Porém, há que se destacar que a ideia central dessas definições se relaciona à transformação de conhecimento do conteúdo para o ensino.

Inicialmente, Grossman (1990) expandiu o conceito de PCK, definindo quatro componentes centrais. Nessa linha, Magnusson, Krajcik e Borko (1999) sugeriram que o PCK inclui não quatro, mas cinco componentes, com a inclusão do conhecimento da avaliação. Park e Oliver (2008) propuseram um modelo de PCK com cinco componentes e o descreveu como uma integração desses componentes.

Como visto, são muitas as tipologias e definições dos conhecimentos docentes e dos modelos de PCK, que se diferenciam a partir do entendimento dos autores e de suas linhas de pesquisas.

Embora os componentes que compõem o PCK sejam diferentes nos diferentes modelos, evidencia-se que a maioria dos estudiosos concorda com a proposição inicial de Shulman (1987), ou seja, que o PCK inclui dois componentes essenciais: o conhecimento das estratégias didáticas e o conhecimento das concepções alternativas dos alunos em relação ao assunto.

É indiscutível, porém, que as discussões acerca de todos esses conhecimentos inerentes à profissão docente recaem sobre os cursos de formação de professores, de modo geral, e de formação de professores de Química, em específico.

Na estruturação dos cursos de formação de professores de Química, dois conjuntos de leis são considerados: a legislação aplicada aos cursos de formação de professores no âmbito geral e aquelas específicas aos cursos de Licenciatura em Química (**Figura 1**).

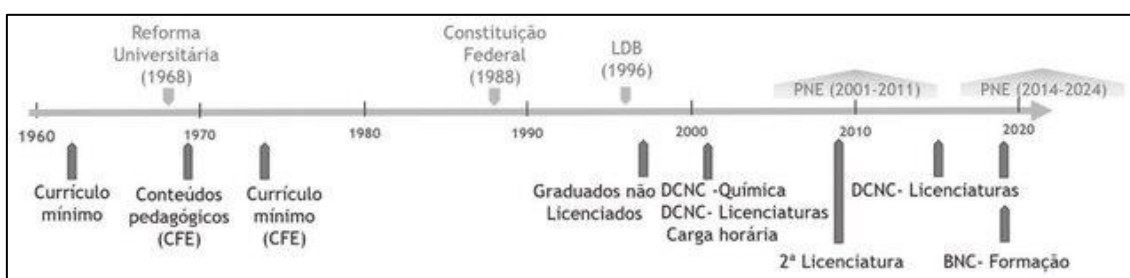


Figura 1. Linha do tempo com as principais regulamentações referentes às Licenciaturas em Química no Brasil¹.

Fonte: Santos, Lima e Júnior (2020, p. 978).

Como apontam Santos, Lima e Júnior (2020), as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica em nível superior (DCNC-Química) não apresentaram mudanças posteriores ao ano de 2002. Entretanto, nos últimos anos, os cursos de Licenciaturas passaram por mudanças curriculares referentes à Prática como Componente Curricular (PCC) para atender à legislação.

A atual legislação sobre os cursos de formação de professores, a Resolução CNE/CP2/2019, em que pesem as diversas discussões de sua adequação e legitimidade pela comunidade da área, do ponto de vista legal,

¹ Nota: CFE – Conselho Federal de Educação; LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional; DCNC – Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Química; DCNC-Licenciaturas - Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica em nível superior; PNE – Plano Nacional de Educação; BNC-Formação – Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica

reforça a necessidade de articulação entre teoria e prática na formação, propondo uma atualização da distribuição da carga horária dos cursos de licenciatura. Para as licenciaturas plenas, a carga horária mínima total é de 3200 horas e a carga horária de práticas pedagógicas é de 800 horas, que incluem 400 horas de PCC e estágio 400 horas (BRASIL, 2019). Ressalta-se, ainda, que a prática não pode ficar reduzida a espaços isolados e desarticulados do restante do curso (BRASIL, 2001).

Como estabelecido, ainda na legislação do início dos anos 2000, cujo entendimento está em vigor atualmente, o desenvolvimento da PCC deve ser oferecido por cada instituição por meio de projetos inovadores e próprios, em diferentes tempos e espaços: I) no interior das disciplinas específicas da área; II) na coordenação da dimensão prática, que envolve atividades de observação e reflexão; III) nos estágios a serem feitos nas escolas de educação básica (BRASIL, 2001).

Ainda, segundo o parecer supracitado, o estágio deve acontecer:

Desde o primeiro ano, reservando um período final para a docência compartilhada, sob a supervisão da escola de formação, preferencialmente na condição de assistente de professores experientes. Para tanto, é preciso que exista um projeto de estágio planejado e avaliado conjuntamente pela escola de formação e as escolas campos de estágio, com objetivos e tarefas claras e que as duas instituições assumam responsabilidades e se auxiliem mutuamente, o que pressupõe relações formais entre instituições de ensino e unidades dos sistemas de ensino. Esses “tempos na escola” devem ser diferentes segundo os objetivos de cada momento da formação. Sendo assim, o estágio não pode ficar sob a responsabilidade de um único professor da escola de formação, mas envolve necessariamente uma atuação coletiva dos formadores (BRASIL, 2001, p. 58).

Nesse sentido, pesquisas têm apontado o estágio como espaço de construção de conhecimentos para a docência por meio da articulação entre a teoria e a prática e as reflexões acerca das situações vivenciadas. Arrigo e colaboradores (2022) identificaram e caracterizaram o desenvolvimento e ampliação do PCK de uma licencianda durante a realização das atividades de ensino no Estágio de Regência. A pesquisa desenvolvida por Goes, Nogueira e Fernandez (2018) reforçou a ideia do estágio como um processo importante na formação de professores e revelou o desenvolvimento do PCK nos sujeitos participantes do estudo.

Em consonância com essas pesquisas, Bego (2017) e Ferrarini (2020) investigaram o desenvolvimento de conhecimentos docentes em professores em formação inicial durante o período de estágios supervisionados. No contexto das pesquisas supracitadas, os autores investigaram a realização de um percurso formativo de implementação de UDM que impactou positivamente nos conhecimentos docentes dos licenciandos em Química.

Assim como as pesquisas citadas, a presente pesquisa objetiva investigar os impactos do percurso formativo de implementação de uma UDM no desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial de uma universidade estadual. Como objetivos específicos, pretende-se caracterizar o pPCK dos licenciandos antes e depois da implementação da UDM e investigar qual a influência das tarefas previstas no processo de elaboração de uma UDM no desenvolvimento do PCK dos licenciandos.

Para tanto, apresenta-se, no próximo capítulo, o conhecimento pedagógico do conteúdo, sua origem e estudos, envolvendo a explicitação e desenvolvimento desse conhecimento.

1 CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO

Apresenta-se neste capítulo os entendimentos sobre o PCK, desde a primeira definição do termo, trazida por Shulman (1987), até os atuais entendimentos, a partir das reuniões envolvendo especialistas no assunto ao redor do mundo.

1.1 Lee Shulman e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo

Lee Shulman nasceu em Chicago, nos Estados Unidos, no dia 28 de setembro de 1938. Formou-se em Filosofia na Universidade de Chicago e fez mestrado e doutorado em Psicologia da Educação. Ao realizar um estudo sobre decisões médicas, em 1978, em parceria com um de seus colegas da Escola de Medicina, Shulman notou que os médicos construíam conhecimentos a partir de suas práticas e, então, pareceu-lhe possível pensar que isso também aconteceria com os professores (GAIA; CESÁRIO; TANCREDI, 2007).

Em 1983, na Conferência Nacional da Universidade do Texas, Shulman declarou que na pesquisa sobre o ensino estava faltando um elemento: o estudo do conteúdo. Deu início, então, a um projeto denominado de “Conhecimento do Professor”, cujo objetivo era entender como alguém, que sabe alguma coisa, consegue explicar para alguém que não sabe. Nesse projeto, apareceu pela primeira vez o termo pelo qual ficou mundialmente conhecido, o PCK.

Nota-se que o autor não faz uso do termo saberes, como até então estava sendo utilizado por autores que foram apresentados na introdução desta tese. Fernandez (2015) fez um estudo de revisitação da base de conhecimentos e traçou um paralelo entre conhecimento e saber. Para a autora, há duas linhas dominantes na literatura sobre conhecimento de professores: a linha que se aproxima dos estudos de Shulman (1986; 1987) e a linha de Elbaz (1983), influenciada por Schön e centrada no desenvolvimento do conhecimento profissional como processo de elaboração reflexiva através da prática do profissional em ação.

Nesse contexto, conhecimentos e saberes podem ser considerados termos distintos e, quando Shulman (1987) faz uso do termo conhecimento (no inglês *Knowledge*), o faz em busca da valorização da atividade profissional dos professores, elevando-a a um espaço de transformação e construção de

conhecimentos específicos para a profissão. Ademais, quando o autor opta pelo termo conhecimento em detrimento de saberes, objetiva igualar o *status* do que o professor produz na prática aos conhecimentos que são produzidos na academia e que influenciam e são influenciados pelo PCK (FERNANDEZ, 2015).

Após Shulman (1986; 1987) apresentar sua proposta inicial de PCK, outros autores se debruçaram no estudo e desenvolvimento do PCK, ampliando o modelo inicial proposto. Como o desenvolvimento de um modelo se dá a partir do desenvolvimento de um modelo anterior, julga-se necessário trazer características de cada um dos modelos.

1.2 Conhecimento pedagógico do conteúdo – Concepções e modelos

A origem do PCK se deu por meio da publicação de artigo, considerado seminal, escrito por Shulman no ano de 1986: *Those who understand: knowledge growth in teaching*. Nesse artigo, como se discute na seção seguinte, Shulman (1986) define o PCK como o amálgama entre conteúdo e pedagogia, que é uma área do conhecimento específica dos professores, a sua forma especial de compreensão profissional.

Passados alguns anos desde a publicação desse artigo, Shulman (2015, p. 3) escreve que:

De certa forma, me sinto um pouco desconfortável falando agora autoritariamente sobre Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Eu me sinto como o pai biológico de um bebê que foi criado em sua infância e depois dado para adoção [...] quando tinha cerca de cinco anos de idade. Durante os anos que se seguiram, o jovem foi criado por muitos pais e brincou com muitos colegas. Agora que sobreviveu à adolescência e atingiu a idade de jovem adulto, a maioria de vocês sabe muito mais sobre o PCK do que eu possivelmente poderia, porque vocês têm vivido, desenvolvido, elaborando, revisando e aplicando esse conjunto de ideias em sérias pesquisas (SHULMAN, 2015, p.3, tradução livre²).

Tal argumento se deve ao fato de, ao longo desses anos que sucederam à origem do PCK, muitos pesquisadores trabalharam com o PCK e, algumas

² In some ways I feel a little uncomfortable talking authoritatively about pedagogical content knowledge now. I feel like the biological father of a baby that was raised in its infancy and then given away for adoption or foster care when it was about five years old. During the years that followed, the youngster was raised by many parents and played with many peers. Now that it has survived adolescence and reached emergent adulthood, most of you know far more about PCK than I possibly could because you have been living with, developing, elaborating, revising, and applying that set of ideas in serious research and pedagogical work.

vezes, chegaram a conclusões diametralmente opostas (GASTOLDO, 2017). Da mesma maneira, muitos pesquisadores se dedicaram a propor novos modelos de PCK.

Como sinteticamente discutido anteriormente, a quantidade de modelos existentes ao longo dos anos é grande e uma característica comum a diversos modelos é a inserção do PCK como um dos componentes necessários para a base de conhecimentos para os professores. Goes (2014) realiza um mapeamento das pesquisas que foram feitas a respeito do PCK no período de 1986 a 2013 e, assim, constrói uma linha do tempo com os principais modelos que abordam os conhecimentos básicos para o professor (**Figura 2**).

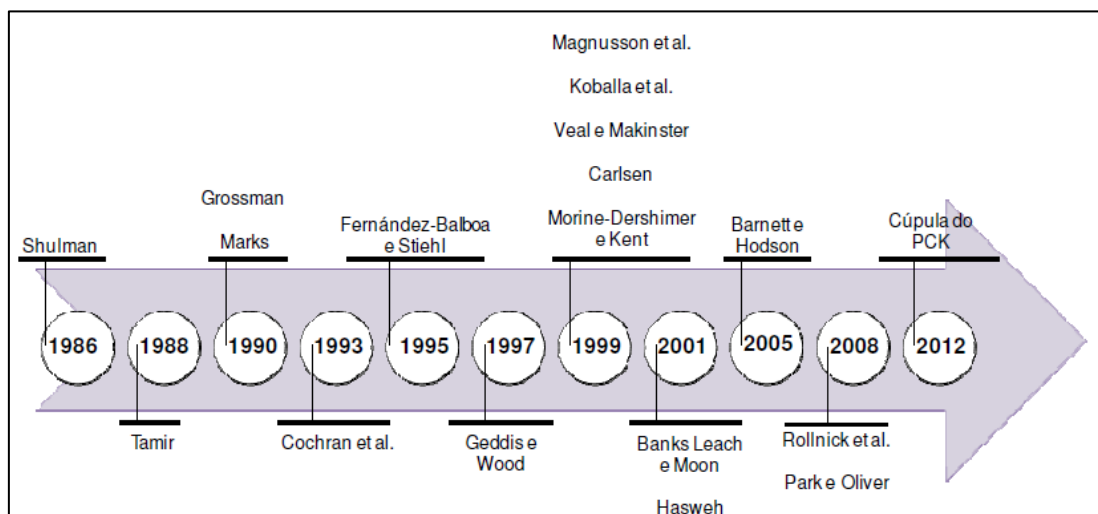


Figura 2. Linha do tempo com os principais modelos que abordam os conhecimentos básicos para os professores.

Fonte: Goes (2014, p. 38).

São apresentados a seguir os modelos de Shulman (1986), Grossman (1990), Carlsen (1999), Magnusson, Krajcik e Borko (1999), Park e Oliver (2008) e o modelo da Cúpula do PCK. A escolha pela apresentação dos modelos de Carlsen (1999), Magnusson, Krajcik e Borko (1999) e Park e Oliver (2008) se deu em virtude de envolverem, particularmente, as discussões concernentes aos professores de Ciências.

1.2.1 Modelo de Shulman (1987) para o PCK

Inicialmente, Shulman (1986) propôs distinguir o conhecimento do conteúdo em três categorias:

- I) Conhecimento do conteúdo específico;
- II) PCK;
- III) Conhecimento curricular.

O conhecimento do conteúdo específico engloba as estruturas sintáticas e substantivas definidas por Schwab (1964). As estruturas substantivas são as várias maneiras pelas quais os conceitos e princípios básicos de uma disciplina são organizados para incorporar seus fatos. Essas estruturas compõem o corpo de conhecimentos que delimita uma disciplina e configura um referencial para questionar, buscar e interpretar dados acerca de aspectos de interesse de um conjunto de fenômenos. É fundamental que os professores saibam quais estruturas estão na base de um determinado conhecimento e quais os problemas que serão enfrentados no ensino desse conhecimento. Já as estruturas sintáticas de uma disciplina são as maneiras pelas quais a verdade ou a falsidade, a validade ou anulação de alegações concorrentes sobre determinado fenômeno, são estabelecidas. Isso significa que são os meios utilizados para buscar e selecionar dados a partir da investigação, os critérios para avaliar a confiabilidade dos dados e a consistência de uma conclusão proveniente de sua articulação com as estruturas conceituais (SHULMAN, 1986).

Segundo Shulman (1986), o PCK é um conhecimento que vai além do conhecimento de determinado assunto, sendo a forma particular de conhecimento do conteúdo que engloba os aspectos do conteúdo mais próximos de seu processo de ensino.

Por sua vez, o conhecimento curricular se refere a uma gama completa de programas destinados ao ensino de assuntos particulares, uma variedade de materiais instrucionais e o conjunto de características que fornece indicações e contraindicações para o uso de um currículo particular.

Ainda sobre o conhecimento do currículo, Shulman (1986) discute dois tipos de conhecimentos: o conhecimento sobre o currículo horizontal e sobre o currículo vertical. O currículo horizontal se relaciona à capacidade dos professores em relacionar o conteúdo de uma aula determinada com tópicos ou questões trabalhados em outras aulas. Já o currículo vertical refere-se aos conteúdos, tópicos e questões que são e serão ensinados em uma mesma disciplina em diferentes momentos no decorrer do curso.

Mais tarde, no ano de 1987, Shulman delinea a base de conhecimentos que embasam a compreensão necessária do professor para promover o ensino. Tal base engloba sete conhecimentos: Conhecimento do Conteúdo; Conhecimento do Currículo; PCK; Conhecimento Pedagógico Geral; Conhecimento dos alunos e de suas características; Conhecimento dos Contextos; Conhecimento dos objetivos e finalidades educacionais.

Nesse artigo, então, Shulman (1987) apresenta o PCK como mais um, dentre os setes conhecimentos da base do professor, deixando de ser entendido como uma subcategoria do conhecimento do conteúdo, como se imaginava no início.

Shulman (1987) discute o PCK no contexto de transformação do conteúdo e da pedagogia, sendo, portanto, a capacidade do docente de transformar seu conhecimento do conteúdo em formas pedagógicas que levem em consideração as experiências e bagagens dos alunos. Tal capacidade distingue o professor de um especialista na disciplina.

Assim, o PCK refere-se ao amálgama entre o conteúdo e a pedagogia que possibilita transformar o conhecimento de um tema particular de maneira a torná-lo compreensível ao estudante (SHULMAN, 1986).

Shulman (1986, p. 9) define o PCK como:

[...] aquele que vai além do conhecimento da matéria em si, para a dimensão do conhecimento da matéria para o ensino. Eu ainda falo de conhecimento de conteúdo aqui, mas de uma forma particular de conhecimento de conteúdo que incorpora os aspectos de conteúdo mais pertinentes a seu ensino. Dentro da categoria de conhecimento pedagógico do conteúdo, incluo, os tópicos mais regularmente ensinados na área da disciplina, as formas mais úteis de representação dessas ideias, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações, em uma palavra, as maneiras de representar e formular o conteúdo que o tornam compreensível para os outros. Como não há formas únicas de representação mais poderosas, o professor deve ter à mão um verdadeiro arsenal de formas alternativas de representação, algumas derivadas da pesquisa, enquanto outras se originam da sabedoria da prática (tradução livre³).

³ [...] which goes beyond knowledge of subject matter per se to the dimension of subject matter knowledge for teaching. I still speak of content knowledge here, but of the particular form of content knowledge that embodies the aspects of content most germane to its teachability. Within the category of pedagogical content knowledge I include, for the most regularly taught topics in one's subject area, the most useful forms of representation of those ideas, the most powerful analogies, illustrations, examples, explanations, and demonstrations in a word, the ways of representing and formulating the subject that make it comprehensible to others. Since there are no single most powerful forms of representation, the teacher must have at hand a veritable

Em outras palavras, pode-se resumir o PCK como sendo o conhecimento que:

[...] distingue um professor excelente ou um profissional de determinada área de alguém que apenas sabe a própria disciplina. É o que distingue um excelente biólogo de um ótimo professor de biologia, uma vez que mais do que simplesmente conhecer sua disciplina ele também entende como transformar seu conhecimento em experiências que irão dar suporte ao aprendizado dos alunos (INGUI, 2010).

O PCK compreende dois componentes: as estratégias didáticas e as dificuldades de aprendizado do conteúdo dos alunos. O professor, segundo Shulman (1987), utiliza as estratégias didáticas para fazer o conteúdo ser compreendido pelos estudantes.

O autor destaca, ainda, o papel da experiência no desenvolvimento profissional do professor e apresenta uma proposta, denominada de Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação (MRPA), em que apresenta o processo pelo qual se dá o desenvolvimento do PCK. Esse modelo:

[...] supõe que a docência inicia desde que a pessoa pense como vai atuar em um processo educativo. O modelo de caráter cíclico e dinâmico toma como ponto de partida a reflexão do ato docente, desde as intenções educativas, a estrutura conceitual e as ideias que circundam dentro e fora da disciplina que vai ensinar. (...) Estas compreensões permitem a transformação dos conteúdos disciplinares em formas representativas que permitem o seu ensino, sua avaliação, sua reflexão e novas compreensões para um futuro no qual se inicia um novo ciclo (SALAZAR, 2005, p. 6, tradução livre⁴).

O MRPA (**Figura 3**) é um modelo dinâmico e cíclico de ação e reflexão docente que objetiva englobar os conhecimentos que o professor possui sobre o conteúdo e sobre as estratégias didáticas que desenvolve sobre um determinado assunto.

armamentarium of alternative forms of representation, some of which derive from research whereas others originate in the wisdom of practice.

⁴ Este modelo se basa en el supuesto de que la docencia inicia desde que se piensa cómo se va actuar en el proceso educativo (planificación). Dicho modelo de carácter cíclico y dinámico, toma como punto de partida la reflexión del acto docente desde las intenciones educativas, la estructura conceptual y las ideas que circundan desde lo interno y externo de la disciplina que se va a enseñar. (...) Estas comprensiones permitirán la transformación de los contenidos disciplinares en formas representativas que permitan su enseñanza, su evaluación, su reflexión y nuevas comprensiones para un futuro, con lo cual se inicia de nuevo el ciclo.

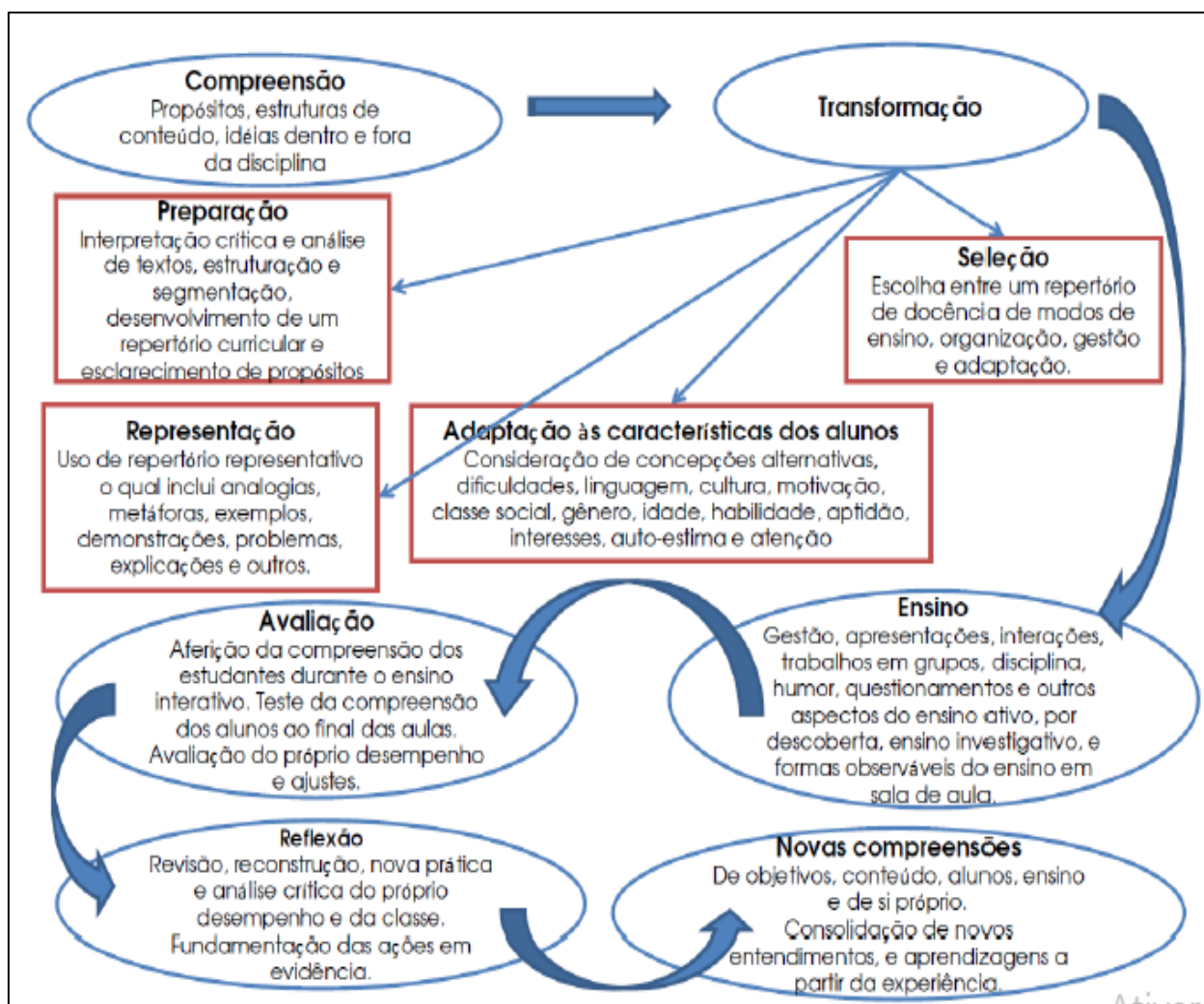


Figura 3. Modelo MRPA proposto por Shulman (1987) e adaptado de Salazar (2005) para desenvolvimento do PCK.

Fonte: Fernandez (2011, p.4).

Como se nota, segundo o modelo MRPA, para desenvolverem o PCK de um tópico específico, os professores devem desenvolver o processo educativo em um ciclo iterativo que envolve os processos de compreensão, transformação, ensino, avaliação, reflexão e nova compreensão. Shulman declara que “[...] supõe que a maior parte do ensino é iniciada por alguma forma de texto: um livro didático, um plano de estudos ou um material real que o professor ou aluno deseja entender” (SHULMAN, 1987, p. 14, tradução livre⁵).

A compreensão pressupõe a construção de um nível de compreensão mínimo sobre como é estruturada determinada área do conhecimento e sobre

⁵ I begin with the assumption that most teaching is initiated by some form of text: a textbook, a syllabus, or an actual piece of material the teacher or student wishes to have understood.

as ideias relacionadas tanto com essa mesma área quanto com outras áreas.

A transformação se relaciona às ideias que necessitam ser transformadas para que elas possam ser ensinadas. Cinco subprocessos são apresentados por Shulman (1987) para que as transformações sejam possíveis: 1) preparação e interpretação crítica, que envolve os critérios de seleção dos materiais didáticos e a própria avaliação de sua adequação ou não aos objetivos, ao contexto e aos estudantes; 2) representação das ideias, por meio de analogias, ilustrações, metáforas, exemplos, experimentações, simulações, dramatizações, músicas, filmes, demonstrações e outras formas de representar o assunto para os alunos; 3) seleção das estratégias de ensino, ou seja, a utilização não apenas de estratégias tradicionais de ensino e aprendizagem, mas de estratégias alternativas de ensino, de organização e de gestão que possibilitem a exploração e a construção de novos conhecimentos por parte dos estudantes; 4) adaptação das representações, ou seja, todas as modificações possíveis de serem implementadas na prática pedagógica, visando tornar o assunto acessível aos alunos, independentemente de quais sejam suas experiências anteriores, níveis de conhecimento, interesses e habilidades; 5) adaptações conjuntas, que objetivam analisar de forma coletiva e integrada as características e particularidades dos alunos, percebendo as diferentes individualidades que estruturam o perfil daquela turma.

O processo de ensino, no contexto do MRPA, se relaciona com a forma com que determinado conteúdo é abordado, com trabalhos em grupos, formulação de perguntas, o ensino por investigação e outras formas. Envolve a gestão do ensino em sala de aula.

A avaliação objetiva verificar a compreensão dos alunos durante o ensino, avaliando a compreensão dos conteúdos desenvolvidos e envolve também a avaliação do próprio desempenho enquanto professor a fim de realizar os ajustes a partir das experiências.

A reflexão se refere à revisão, construção, representação e análise crítica do desempenho da classe, incluindo uma autoanálise crítica da atuação do docente.

Novas compreensões estão relacionadas às novas compreensões dos objetivos, da matéria, dos alunos, do ensino e de si mesmo.

Salazar (2005) argumenta que o início de um estágio no MRPA não depende, necessariamente, do encerramento de outro. Sobre a reflexão no modelo, Shulman (PCK SUMMIT, 2012) expressa, ainda, que pensar no professor como um profissional reflexivo não basta. Ensinar, ou seja, agir, é uma forma de mostrar as suas habilidades e seus conhecimentos sobre a prática de ensinar.

A cada novo ciclo de ensino, novas compreensões seriam geradas, promovendo o desenvolvimento do PCK. Nas próximas subseções são apresentados outros modelos de PCK, que se desenvolveram a partir das ideias iniciais de Shulman.

1.2.2 Modelo de Grosman (1990) para o PCK

Grossman (1990) foi orientada por Shulman durante o período de seu doutorado. A autora sistematiza os componentes da base de conhecimentos de professores e propõe que quatro conhecimentos a constituem: conhecimento pedagógico geral; conhecimento do conteúdo específico; PCK; conhecimento do contexto.

O conhecimento pedagógico geral reúne um corpo de conhecimentos, crenças e habilidades gerais relacionadas ao ensino, tais quais se sobressaem os conhecimentos relativos aos alunos, ao currículo e à instrução, além da gestão de sala de aula. Tal conhecimento apresenta os seguintes componentes: I) alunos e aprendizagem, que se refere aos conhecimentos e crenças dos professores sobre os processos que provocam a aprendizagem; II) gestão da sala de aula, ou seja, como o professor organiza e administra os alunos e as atividades durante a aula; III) currículo e instrução, relativo ao conhecimento acerca dos princípios gerais da instrução como o tempo de aprendizagem dos alunos; IV) outros.

O conhecimento do conteúdo específico, por sua vez, está diretamente relacionado com o conteúdo a ser ensinado e inclui o conhecimento das estruturas substantivas e sintáticas de uma disciplina.

O terceiro conhecimento discutido por Grossman (1990) é o PCK, que segundo a autora, é composto por um sistema de elementos:

- I) As concepções sobre os propósitos para ensinar um conteúdo específico, que se apoiam nas concepções pessoais do professor a respeito de sua atuação. Manifestam-se, ainda, os valores pessoais e ideológicos atribuídos à prática do ensino e, portanto, têm caráter avaliativo, comparativo, e de juízo diante da seleção de conteúdos e estratégias que um professor considera importantes para o ensino;
- II) O conhecimento da compreensão dos estudantes, o qual possibilita ao professor reconhecer o conhecimento prévio do estudante, antecipando as dificuldades na aprendizagem de determinado conteúdo e, assim, desenvolver estratégias para sua superação;
- III) O conhecimento do currículo, que permite ao professor a seleção e organização do conteúdo para o ensino. Refere-se aos meios empregados pelo professor para gerir o conteúdo a ser ensinado, organizando-o e preparando-o de acordo com as particularidades do contexto de ensino e aprendizagem;
- IV) O conhecimento das estratégias didáticas, o que permite o desenvolvimento de estratégias para o ensino que visam a superação das dificuldades na aprendizagem dos alunos. Compreende a forma como um professor representa o conteúdo, as demonstrações, analogias, experimentos, exemplos, e metáforas que tornam o conteúdo compreensível para os estudantes.

O PCK é o conhecimento central dentre os conhecimentos que constituem a base. Grossman (1990) esclarece, ainda, que o PCK influencia e é influenciado pelos demais conhecimentos (**Figura 4**). Para a autora, todos os elementos acima citados têm relevância no PCK, porém os conhecimentos que condicionam os demais são as crenças ou as concepções do professor sobre o ensino da matéria, que se refletem nos propósitos de ensino.

Segundo o modelo proposto pela autora, o desenvolvimento do PCK pode ocorrer a partir de fontes distintas como: o aprendizado a partir da observação; o conhecimento do assunto; a formação de professores; e a experiência em sala de aula (GROSSMAN, 1990).

O quarto e último conhecimento da base apresentado pela autora é o conhecimento do contexto, que pode ser entendido como a compreensão do contexto particular em que os professores ensinam para adaptar seus conhecimentos mais gerais às características específicas da escola dos estudantes. Envolve, portanto, aspectos sociais, políticos, culturais e organizacionais do ambiente da sala de aula. Essa categoria é composta por 4 componentes: I) estudantes; II) comunidade; III) distrito; IV) escola. Destaca-se, ainda, que esse conhecimento advém do contato, da experiência e da relação direta com a realidade da escola.

Na **Figura 4**, é possível observar que o currículo está inserido em 2 dos 4 conhecimentos da base, o conhecimento pedagógico geral e o PCK. E, como destaca a autora, “a pesquisa deve analisar também o conteúdo do currículo de formação de professores por sua potencial contribuição para o desenvolvimento do PCK” (GROSSMAN, 1990, p. 9 e 10, tradução livre⁶).

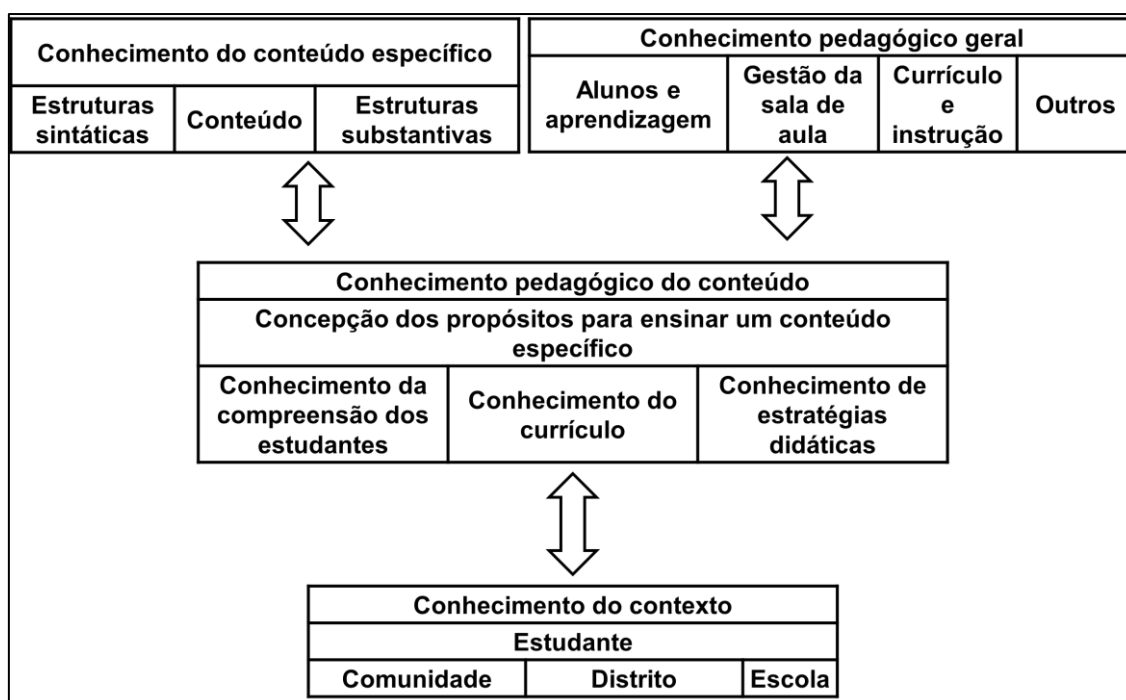


Figura 4. Modelo de relação entre os conhecimentos do professor, segundo Grossman (1990).

Fonte: Grossman (1990, p. 5, tradução livre).

Em seu trabalho, Grossman (1990) verificou, que em professores com conhecimentos similares do conteúdo, as diferenças nas concepções sobre o

⁶ [...] research must also analyze the content of the teacher education curriculum for its potential contribution to the development of pedagogical content knowledge.

ensino do conteúdo condicionaram as decisões curriculares e instrucionais para o ensino do conteúdo.

Ademais, em seu estudo com professores de Língua Inglesa, Grossman (1990) concluiu que professores com maior conhecimento sobre o currículo e a pedagogia de sua disciplina têm menores dificuldades no reconhecimento das dificuldades dos estudantes e no desenvolvimento de estratégias de ensino adequadas. Parece claro, dessa forma, o caráter prático e formal do PCK, uma vez que são considerados tanto as crenças quanto os conhecimentos dos professores.

Fernandez (2015) esclarece que o entendimento do PCK, segundo o modelo proposto por Grossman (1990), dialoga com a concepção inicial de Shulman, somando o conhecimento do currículo e as concepções dos propósitos para ensinar um conteúdo.

Como já mencionado, os trabalhos de Grossman (1990) se deram no contexto do estudo do PCK de professores de Língua Inglesa. Considera-se importante apresentar outras propostas de definições e modelos de PCK, uma vez que um modelo anterior acaba servindo de inspiração a modelos mais atuais.

1.2.3 Modelo de Carlsen (1999) para o PCK

O modelo de Carlsen (1999) (**Figura 5**) propõe 5 domínios de conhecimento dos professores: I) Conhecimento sobre o contexto educacional geral; II) Conhecimento sobre o contexto educacional específico; III) Conhecimento pedagógico geral; IV) Conhecimento do conteúdo; V) PCK. O autor, assim como Grossman (1990), foi aluno de doutorado de Shulman, porém diferentemente de Grossman (1990), seu modelo se refere particularmente ao Ensino de Ciências.

No modelo de Carlson (1999) nota-se uma reformulação dos domínios anteriores e uma ênfase no contexto e sua relação única com os vários domínios do conhecimento.

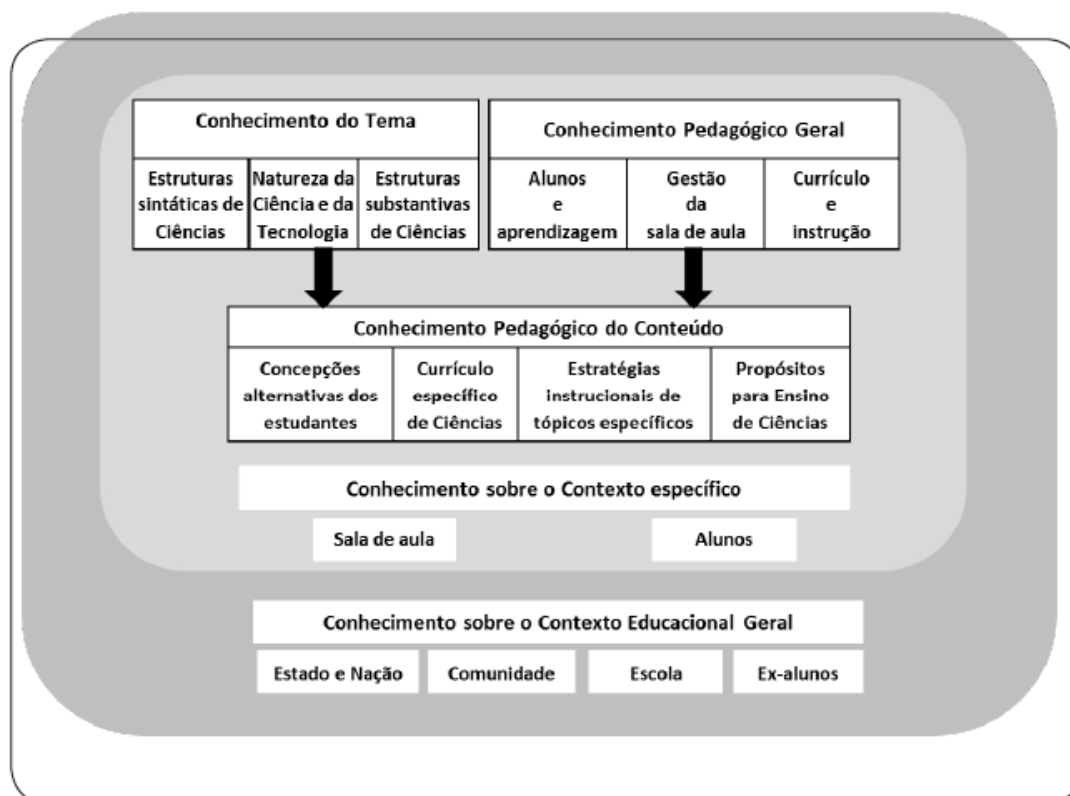


Figura 5. Modelo da base dos conhecimentos, segundo Carlsen (1999).
Fonte: Fernandez (2015, p. 508).

Duas principais diferenças são destacadas em relação ao modelo proposto por Grossman (1990):

- I) O conhecimento do tema apresenta uma categoria referente à Natureza da Ciência e da Tecnologia;
- II) As categorias sobre as estruturas substantivas e estruturas sintáticas são mantidas, porém no modelo de Carlsen (1999), há uma ênfase na importância de ampliar as funcionalidades dessas estruturas na pesquisa e na formulação de políticas. Isso significa que, para o autor, o conhecimento do professor deve incluir as estruturas das Ciências, não apenas as estruturas da Física, Química ou Biologia e, entendimentos não triviais das estruturas da engenharia e Matemática;
- III) No PCK, são colocados no mesmo nível hierárquico os propósitos para o ensino de Ciências e os demais componentes, como concepções alternativas dos estudantes, currículo específico de Ciências e estratégias didáticas de tópicos específicos.

O autor justifica a inclusão da categoria referente à Natureza da Ciência e Tecnologia, em razão dos cursos tradicionais, como o de Química, oferecerem poucas oportunidades para os futuros professores desenvolverem a compreensão adequada sobre esse tópico. Em suas palavras: “[...] parece que esses entendimentos podem ser centrais para a tarefa dos professores de criar experiências de Ciência sociologicamente autênticas” (CARLSEN, 1999, p. 140, tradução livre⁷).

É possível notar, pela inclusão da categoria Natureza da Ciência e da Tecnologia no conhecimento do tema, que o modelo proposto por Carlsen (1999) volta-se aos conhecimentos de professores de Ciências. Logo, ele enfatiza, também, o PCK de professores de Ciências, mostrando-se mais compatível com os interesses desta pesquisa.

1.2.4 Modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) para o PCK

Assim como o modelo de Carlsen (1999), o modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) enfatiza os componentes dos PCK para o Ensino de Ciências.

Magnusson, Krajcik e Borko (1999, p. 96) desenvolveram uma proposta em que o foco principal é o desenvolvimento do PCK em professores de Ciências. Tal modelo é baseado no modelo de Grossman (1990), como enfatizam os autores: “Grossman conceituou conhecimento pedagógico do conteúdo consistindo em quatro componentes [...]. Nossa conceituação é muito semelhante, com algumas modificações e a adição de um componente” (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999, p. 96, tradução livre⁸).

Os componentes a que se referem os autores são cinco: orientações para o Ensino de Ciências; conhecimento do currículo; conhecimento da avaliação; conhecimento sobre os alunos; e conhecimento sobre as estratégias didáticas.

O componente orientações para o Ensino de Ciências foi denominado por Grossman (1990) como conhecimento dos propósitos para ensinar o conteúdo. Magnusson, Krajcik e Borko (1999), no entanto, optam por usar o termo

⁷ [...] appears that these understandings may be central to the teachers' task of creating sociologically authentic science experiences

⁸ Grossman conceptualized pedagogical content knowledge as consisting of four components [...]. Our conceptualization is very similar, with some modification and the addition of one component.

orientação em detrimento do termo trazido por Grossman (1990), já que uma orientação representa uma maneira geral de enxergar ou conceber o Ensino de Ciências.

Esse conhecimento serve como mapa conceitual que orienta as decisões instrucionais sobre os objetivos definidos pelo professor, as tarefas propostas aos alunos, o uso de livros didáticos e a forma de avaliação da aprendizagem. Cada orientação foi descrita em relação a dois elementos que as diferenciam: os objetivos e as características típicas da instrução.

Magnusson, Krajcik e Borko (1999) apresentam nove orientações para o Ensino de Ciências que foram identificadas na literatura da área. São elas: rigor acadêmico; didática; processo; mudança conceitual; ciência baseada em projetos; descoberta; ensino por investigação; atividade dirigida; investigação; e investigação orientada.

O **Quadro 1** apresenta objetivos das diferentes orientações para o Ensino de Ciências.

Quadro 1. Objetivos do Ensino de Ciências das orientações para o Ensino de Ciências.

Orientação	Objetivo do Ensino de Ciências	Características da instrução
Rigor acadêmico	Representar um corpo acadêmico de conhecimento. Ex: Química	São utilizados trabalhos de laboratórios e demonstrações para verificar os conceitos científicos demonstrando a relação entre determinados conceitos e os fenômenos. Os alunos são desafiados em problemas e atividades difíceis.
Didática	Transmitir fatos da Ciência.	O professor apresenta a informação, geralmente através de palestra ou discussão e as perguntas direcionadas aos alunos têm o propósito de fornecer um suporte justificável para o conhecimento dos fatos produzidos pela ciência.
Processo	Ajudar os alunos a desenvolver habilidades científicas para os processos das Ciências.	Professor apresenta aos alunos o processo de raciocínio empregado pelos cientistas para adquirir novos conhecimentos. Os alunos participam em atividades que desenvolvem o processo de pensamento e habilidades de pensamento integradas.
Mudança conceitual	Facilitar o desenvolvimento do conhecimento científico através do confronto dos alunos, gerado em contextos problematizados, nos quais deve superar suas concepções ingênuas.	Estudantes são pressionados a respeito de sua visão sobre o mundo e levados a considerar a adequação das explicações alternativas. O professor facilita a discussão e o debate necessário para estabelecer as asserções de conhecimento validado.

Ciência baseada em projetos	Envolver os estudantes na pesquisa da solução de autênticos problemas.	Centrada-no-projeto. A atividade de professores e estudantes é centrada numa questão que organiza os conceitos e os princípios e direciona as atividades dentro de um tópico de estudo. Através da investigação, os alunos desenvolvem uma série de artefatos (produtos) que refletem suas compreensões.
Descoberta	Oferecer oportunidades aos estudantes para que eles possam descobrir os conceitos científicos.	Centrada-no-aluno. Os alunos exploram o mundo natural seguindo seus próprios interesses e descobrem padrões de como o mundo funciona durante suas explorações.
Atividade dirigida	Focalizar na atividade dos estudantes através da experimentação.	Os estudantes participam em atividades do tipo “mão-na-massa” utilizadas para verificação ou descoberta.
Investigação	Representar a Ciência como uma pesquisa.	Centrada-na-investigação. O professor apoia os alunos na definição e investigação dos problemas, no esboço das conclusões e na avaliação da validade do conhecimento a partir de suas conclusões.
Investigação orientada	Constituir uma comunidade de aprendizes, os quais compartilham a responsabilidades para compreender o mundo físico, particularmente com respeito ao uso das ferramentas da Ciência.	Centrada-na-comunidade-de-aprendizagem. O professor e os estudantes participam na definição e investigação dos problemas, na determinação dos padrões, inventando e testando explicações e avaliando a utilidade e validade de seus dados e a adequação de suas conclusões. O professor apoia os alunos em utilizar os materiais e as ferramentas intelectuais da ciência para o uso independente dela.

Fonte: Magnusson, Krajcik e Borko (1999, p. 101, tradução livre).

O segundo componente do PCK descrito pelos autores foi o conhecimento do currículo, que envolve duas categorias: metas e objetivos; e programas e materiais curriculares específicos. Relaciona-se, portanto, ao conhecimento dos professores acerca do que os estudantes têm aprendido em anos anteriores e o que se espera que eles aprendam nos anos posteriores. E envolve o conhecimento dos programas (os autores usam como exemplo o programa CHECOM – Química na comunidade, desenvolvido na década de 1980) e dos materiais que são importantes para o ensino específico.

O conhecimento da compreensão dos alunos se refere ao conhecimento que os professores devem ter sobre os alunos, a fim de ajudá-los a desenvolver conhecimentos científicos específicos. Esse conhecimento inclui duas categorias: os requisitos para a aprendizagem (conhecimento dos professores sobre os pré-requisitos necessários à aprendizagem, bem como a compreensão

das diferentes abordagens dos alunos para a aprendizagem) e as áreas de dificuldade dos estudantes (conhecimento do professor sobre os conceitos e tópicos de Ciências que os alunos encontram maior dificuldade durante a aprendizagem).

Por sua vez, o conhecimento da avaliação consiste no conhecimento das dimensões da aprendizagem científica que são importantes para avaliar e no conhecimento das estratégias pelas quais essa aprendizagem pode ser avaliada (testes escritos e exames práticos em laboratório).

E, por fim, o conhecimento das estratégias didáticas envolve o conhecimento de estratégias específicas que são úteis para ajudar os alunos a compreenderem os conceitos particulares da Ciência.

Segundo o modelo, se o professor possui tais domínios do conhecimento, possivelmente terá um PCK correspondente e desenvolverá uma prática profissional significativa. Logo, se um professor apresenta um dos componentes bem desenvolvido não significa um alto nível em seu PCK. Para que isso ocorra, precisa haver um equilíbrio favorável entre os diversos componentes de modo que um componente influencie o outro e, desse modo, observe-se o desenvolvimento do PCK (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999).

Para exemplificar essa relação, pode-se considerar um professor que tenha conhecimento sobre as dificuldades dos alunos, conseguindo identificá-las previamente, ou seja, possui o conhecimento da compreensão de Ciências dos alunos. Todavia, o mesmo professor não consegue desenvolver uma prática pedagógica que faça com que os alunos superem as dificuldades encontradas, isto é, não possui o conhecimento de estratégias didáticas adequadas e como utilizá-las durante o ensino da matéria. De acordo com o modelo proposto pelos autores (**Figura 6**), o conhecimento sobre as dificuldades dos alunos e o conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências sofrem influência das orientações para o Ensino de Ciências, que é o componente central do PCK e orienta na tomada de decisão nas fases de planejamento, execução e reflexão sobre o ensino. Se um dos conhecimentos está mais desenvolvido que o outro, possivelmente haverá uma deficiência no PCK, isso porque os componentes podem interagir de maneiras altamente complexas.

O PCK tem valor tanto do ponto de vista do conhecimento prático (segundo os autores, pode orientar o foco e a estrutura da formação inicial e

continuada de professores) quanto do ponto de vista do conhecimento conceitual:

Conceitualmente, vemos a construção do conhecimento pedagógico do conteúdo como útil por duas razões. Primeiro, a conceituação como conhecimento que resulta de uma transformação de outros domínios do conhecimento, indicando que é mais do que a soma de suas partes, mais do que simplesmente combinar partes de conhecimento de diferentes domínios. Em segundo lugar, porque esse conhecimento é conceituado como sendo construído através dos processos de planejamento, reflexão e ensino de assuntos específicos [...] (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999, p. 116, tradução livre⁹).

Isso significa dizer que o PCK é uma construção que se desenvolve por meio de processos de planejamento, reflexão e ensino da matéria específica. Assim sendo, essa construção representa uma ferramenta que permite definir, indagar e desenvolver variados conhecimentos que são fundamentais na formação do professor. Do ponto de vista prático, o valor do PCK permite definir importantes dimensões da experiência (conhecimento sobre como ajudar os alunos, das melhores analogias, de demonstrações e de atividades) do professor que podem ser relevantes tanto nos programas de formação inicial quanto continuada de professores.

Ao comparar o modelo de Grossman (1990) e Magnusson, Krajcik e Borko (1999), é possível perceber que eles se assemelham ao de Shulman (1986), uma vez que identificam o conhecimento do conteúdo com uma categoria distinta do PCK. Ambos os modelos acrescentam, no entanto, as orientações para o Ensino de Ciências e o conhecimento do currículo como componentes do PCK.

A diferença principal entre os modelos de Grossman (1990) e Magnusson, Krajcik e Borko (1999) se dá em relação ao termo adotado. Enquanto Grossman (1990) utiliza o termo concepções dos propósitos para ensinar um conteúdo específico, Magnusson, Krajcik e Borko fazem uso do termo orientações para o Ensino de Ciências. Essa diferença é apenas terminológica. E há o acréscimo, neste último modelo, do conhecimento da avaliação como um dos componentes do PCK (**Figura 6**).

⁹Conceptually, we see the construct of pedagogical content knowledge as useful for two reasons. First, its conceptualization as knowledge that results from a transformation of other domains of knowledge signals that it is more than the sum of its parts, more than simply fitting together bits of knowledge from different domains. Second, because this knowledge is conceptualized as being constructed through the processes of planning, reflection, and teaching specific subject matter [...].

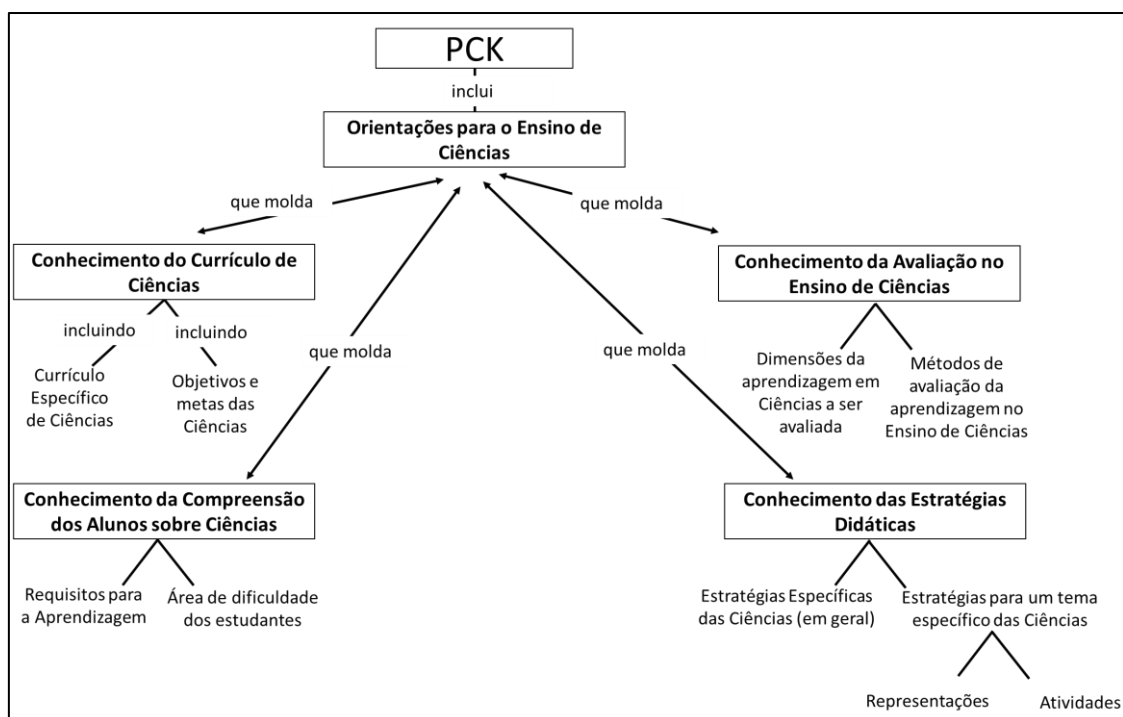


Figura 6. Componentes do PCK, segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999).

Fonte: Fernandez (2015, p. 513).

1.2.5 Modelo de Park e Oliver (2008) para o PCK

O modelo de Park e Oliver (2008) é conhecido como modelo hexagonal e baseia-se, em grande parte, nos trabalhos de Grossman (1990), Tamir (1988) e Magnusson, Krajcik e Borko (1999).

Inicialmente os autores organizaram um modelo (Pentagonal) com cinco componentes do PCK (as mesmas cinco componentes utilizadas por Magnusson, Krajcik e Borko (1999)). O modelo Pentagonal é apresentado na **Figura 7**.

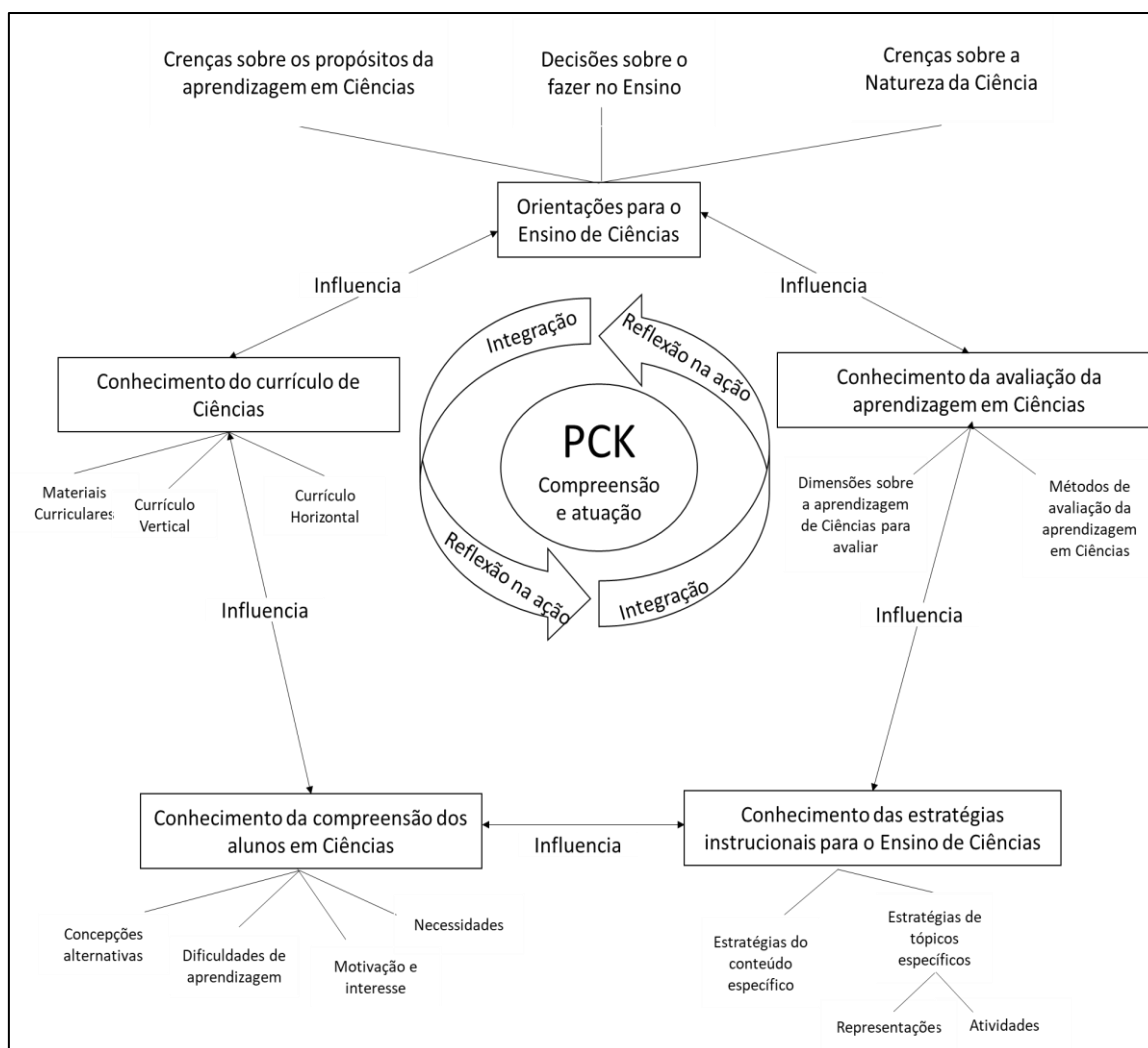


Figura 7. Modelo Pentagonal de Oliver e Park (2008) para o PCK.

Fonte: Park e Oliver (2012, p. 925, tradução livre).

Park e Oliver (2008) argumentam que a posição central do PCK no modelo acima, pretende indicar que seu desenvolvimento se dá a partir de qualquer um desses cinco componentes.

Após realizarem um estudo de caso múltiplo com três professoras de Química experientes (as professoras foram chamadas por pseudônimos Amy, Lucy e Jane), os autores revelaram cinco características do PCK. São elas: (I) o desenvolvimento de PCK ocorreu como resultado de reflexões tanto do conhecimento em ação quanto do conhecimento sobre a ação; (II) a eficácia do professor foi evidenciada como um componente afetivo do PCK; (III) os alunos influenciaram a forma como o PCK foi organizado, desenvolvido e validado; (IV) a compreensão dos professores sobre as concepções alternativas dos alunos foi

um fator que moldou o PCK no planejamento, na condução da instrução e na avaliação; e (V) o PCK foi idiossincrático em algumas de suas representações.

A respeito do conhecimento da ação e conhecimento sobre a ação, os autores discutem que durante a investigação observaram a manifestação do PCK como uma característica do conhecimento da ação e do conhecimento sobre a ação. O PCK como conhecimento em ação se manifestou em situações desafiadoras e inesperadas do ensino, necessitando que o professor integrasse os componentes do PCK e os aplicasse a fim de dar uma resposta de ensino apropriada aos alunos. A respeito dessa característica, pode-se dizer que o desenvolvimento do PCK é um processo ativo e dinâmico.

O PCK como uma característica do conhecimento sobre a ação é o conhecimento elaborado por meio da reflexão sobre a ação. Para os autores, esse conhecimento se manifesta quando os professores percebem a necessidade de ampliação ou modificação de seu planejamento, por exemplo. Nesse sentido, o desenvolvimento do PCK é um processo estável e estático.

Assim, Park e Oliver (2008) concluíram com o estudo que:

[...] o PCK tem ambos os aspectos de conhecimento em ação e conhecimento sobre a ação. Os dois aspectos não eram mutuamente exclusivos, mas sim influenciaram-se mutuamente através da reflexão, seja dentro ou fora das salas de aula. Como resultado, reflexão-na-ação e reflexão-sobre-ação impactam no desenvolvimento do PCK em termos de conhecimento em ação e conhecimento sobre a ação (PARK; OLIVER, 2008, p. 270, tradução livre¹⁰).

A eficácia do professor é o componente afetivo do PCK. A noção de eficácia, proposta por Park e Oliver (2008), se baseia no conceito de autoeficácia¹¹ e, portanto, os autores consideram que os indivíduos buscam atividades e situações em que se sentem competentes e, da mesma forma, evitam situações em que eles duvidam da capacidade de obter sucesso.

Nesse sentido, quando os professores acreditam em sua capacidade de executar seu PCK de forma eficaz, o PCK terá maior probabilidade de ser mais aproveitado em sala de aula. Por exemplo, na pesquisa realizada pelos autores,

¹⁰ These two situations serve as brief examples but point toward the conclusion that PCK has both aspects of knowledge-in-action and knowledge-on-action. The two aspects were not mutually exclusive, but rather influenced each other through reflection, either inside or outside classrooms. As a result, reflection-in-action and reflection-on-action synergistically impact PCK growth in terms of knowledge-in-action and knowledge-on-action.

¹¹ Segundo os autores, esse conceito evoluiu da teoria social de Bandura (1986).

uma professora denominada Lucy, por acreditar que era habilidosa em confrontar os equívocos cometidos pelos alunos, ou seja, por possuir a eficácia do professor, conseguiu confrontar os equívocos e estimular mudanças conceituais dos alunos.

Ficou, ainda, demonstrado pelo estudo que a eficácia do professor o incentiva a definir objetivos de aprendizagens mais eficazes e se manifesta como uma vontade do professor em experimentar novas estratégias didáticas. Ainda, para os autores, a eficácia do professor é uma expectativa específica e não generalizada, isto é, a professora Lucy considerou ser eficaz para confrontar os equívocos dos alunos. Porém a própria professora disse não ser eficaz para treinar os alunos para que façam anotações, apesar de considerar que eles precisam aprender a fazer anotações eficazes (PARK; OLIVER, 2008).

Park e Oliver (2008) concluíram, também, com o estudo realizado que, no geral, os alunos desempenham papéis vitais na determinação de como o PCK se desenvolve. Os autores justificam essa conclusão, mostrando exemplos de perguntas dos alunos que motivam os professores a expandir ou enriquecer seus repertórios instrucionais. Ainda, para os autores (2008, p. 271, tradução livre¹²):

[...] quando os alunos apresentavam perguntas desafiadoras aos professores, essas perguntas frequentemente facilitaram o aprofundamento e a ampliação do conhecimento dos professores sobre o assunto. Conhecimento adequado do assunto é um critério para o desenvolvimento de PCK (VAN DRIEL *et al.*, 1998) e esses atos de aprofundamento e/ou ampliação do conhecimento do assunto aumentou a acessibilidade do professor às ações reflexivas através do qual o PCK é desenvolvido.

A compreensão dos professores sobre as possíveis concepções alternativas dos alunos a respeito do assunto da aula influenciou nas decisões tomadas ao longo do processo de ensino, do planejamento à avaliação. Para Park e Oliver (2008), à medida em que os professores desenvolveram uma melhor compreensão dos equívocos dos alunos, seus PCKs se tornaram mais sofisticados.

¹² [...] when students posed challenging questions to teachers, these questions frequently facilitated both deepening and broadening of the teachers' subject matter knowledge. Adequate subject matter knowledge is a criterion for PCK development (Van Driel *et al.* 1998) and these acts of deepening and/or broadening subject matter knowledge increased the teacher's accessibility to the reflective actions through which PCK is developed.

Por fim, Park e Oliver (2008) desenvolveram o estudo com três professores diferentes e puderam concluir que o PCK é idiossincrático. Mesmo professores que fizeram o planejamento juntos, puderam desenvolver o PCK em maior ou menor grau, uma vez que cada professor teve que responder às perguntas dos alunos, explicar o assunto, resumir as discussões, assim por diante.

Os fatores que moldaram a idiossincrasia do PCK desses professores foram: orientações para o ensino de ciências, características dos alunos, experiências de ensino e características pessoais.

As implicações dessa característica observada pelos autores são:

- 1) não existe um único PCK correto para determinado tópico;
- 2) o PCK é um corpo especial de conhecimento de professores necessário para realizar o ensino em contextos complexos e variados.

A partir dessas características e da análise de dados, Park e Oliver (2008) propuseram o modelo hexagonal do PCK (**Figura 8**).

O modelo proposto ao final da pesquisa empírica incluiu o componente eficácia do professor e, como os autores defendem, os seis componentes influenciam uns aos outros de forma contínua, de modo que, para que haja um ensino efetivo, os professores devem integrar os componentes dentro de um contexto. Reflexões e reajustes contínuos são necessários para que ocorra a integração dos seis componentes.

A não integração desses seis componentes, mesmo que haja melhoria dentro de um único componente, pode não ser suficiente para promover o desenvolvimento do PCK.

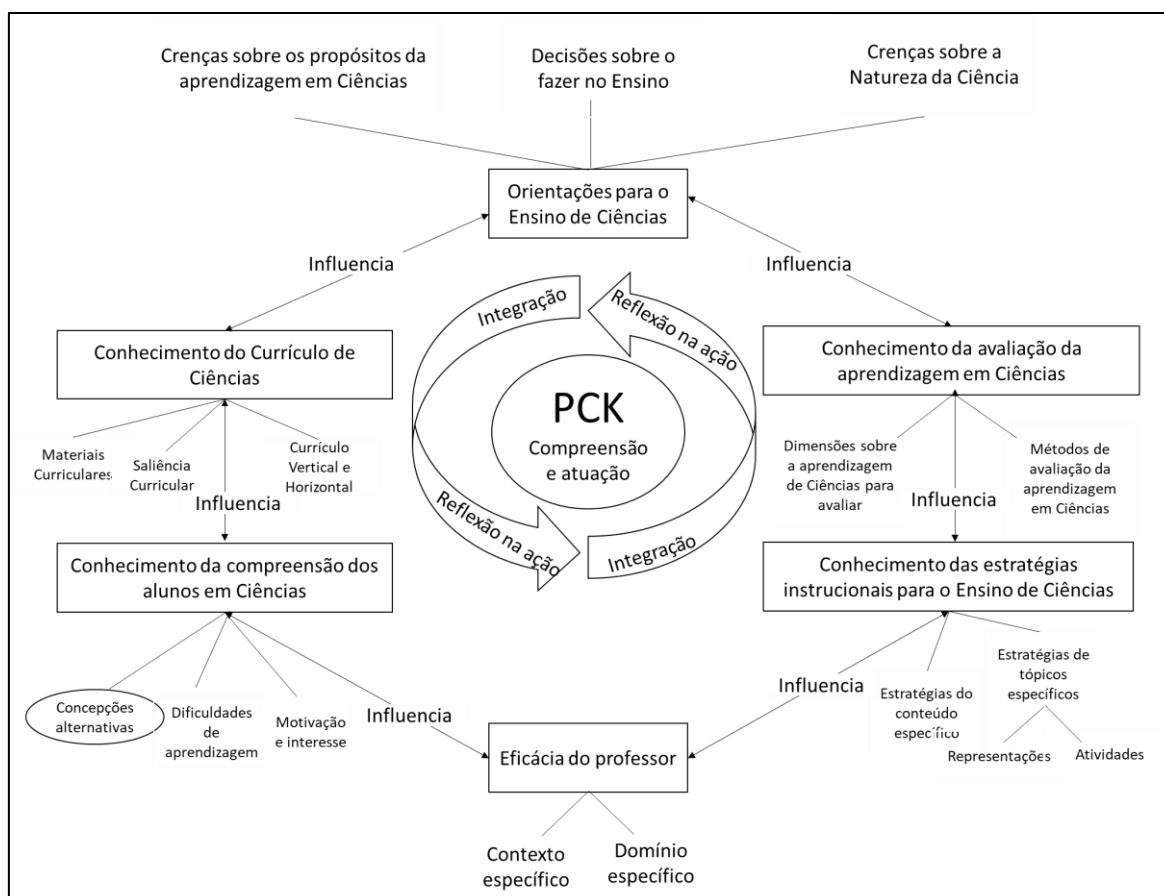


Figura 8. Modelo de Oliver e Park (2008) para o PCK.
Fonte: Park e Oliver (2008, p. 279, tradução livre).

Segundo o modelo, os professores desenvolvem o PCK por meio de aquisição de conhecimentos, novas aplicações desse conhecimento e reflexão sobre os usos na prática. Tal afirmação corrobora a ideia de que os professores não só recebem o conhecimento criado por outros para ensinar, mas também produzem conhecimento para ensinar por meio de suas próprias experiências (PARK; OLIVER, 2008).

Além disso, esse modelo de PCK consiste em duas dimensões: compreensão e atuação dos professores, uma vez que, para entender o PCK de um professor, as dimensões cognitivas e de atuação devem ser avaliadas. Isso se faz necessário porque o PCK é constituído pelo que um professor sabe, o que um professor faz e as razões para as ações do professor (PARK; SUH; SEO, 2017).

Por fim, o modelo ressalta a importância da reflexão para integrar os seis componentes, uma vez que é a responsável por melhorar as habilidades dos professores (PARK; OLIVER, 2008).

Apresentou-se nessa seção, mais um modelo de PCK específico para o Ensino de Ciências. Na próxima seção, é apresentado o modelo elaborado por pesquisadores da área que estiveram presentes na cúpula do PCK em Colorado Springs no ano de 2012.

1.2.6 Modelo da cúpula do PCK

Como se viu, são vários os modelos que procuram definir e explicar o PCK. No ano de 2012, pesquisadores internacionais de Ensino de Ciências que dedicaram suas pesquisas ao PCK se reuniram, por uma semana, em Colorado Springs, nos Estados Unidos, para a realização de uma conferência que ficou conhecida como Cúpula do PCK. Vinte e dois participantes, de sete países diferentes, foram convidados a participar desse evento a fim de discutir acerca de questões como *o que é o PCK e como pode ser definido* (PCK SUMMIT, 2012).

Shulman participou da cúpula apontando o que, para ele, podem ser consideradas cinco fraquezas do PCK: a ausência de afeto, emoção e motivação; ênfase no pensamento do professor; omissão do contexto; omissão da visão e dos objetivos de um professor para a educação; e falta de uma relação do PCK com os resultados dos alunos.

Os participantes apresentaram suas concepções acerca dos modelos de PCK e, ao final dos cinco dias, chegaram ao consenso sobre a definição de PCK:

O ato de ensinar um determinado tópico de uma maneira particular com um propósito específico a determinados alunos a fim de obter melhorias nos resultados desses alunos (reflexão na ação, tácita ou explícita) (PCK SUMMIT, 2012, tradução livre¹³)

Essa definição tenta resolver algumas das fragilidades apontadas por Shulman, explicitando que o PCK se dá no nível de tópico e não no nível disciplinar (um exemplo utilizado pelos autores é que se discute o PCK de força e de movimento e não o PCK de Física ou Ciência).

¹³ The act of teaching a particular topic in a particular way for a particular purpose to particular students for enhanced student outcomes (Reflection in Action, tacit or explicit).

Entre os consensos a que chegaram os estudiosos durante a cúpula, ressalta-se que o PCK foi reafirmado como categoria separada de conhecimento dentro do conhecimento geral e que os componentes afetivos¹⁴ foram removidos da própria construção do PCK e foram incluídos como filtros e/ou amplificadores para a aprendizagem, que mediam as ações do professor. Essa mudança reconhece que os componentes afetivos influenciam o conteúdo e a natureza do PCK de um professor (CHAN; HUME, 2019).

O raciocínio, no modelo proposto, foi considerado parte do PCK, reforçando a ideia de que ele é constituído por aquilo que o professor sabe, o que ela faz e as razões para suas ações.

Com o objetivo de tentar abordar a discussão de como o PCK se desenvolve, os pesquisadores da Cúpula, consensualmente, propuseram um modelo de PCK, que ficou conhecido como o modelo da Cúpula do PCK (**Figura 9**).

Nesse modelo são apresentados cinco conhecimentos-base: I) Conhecimento pedagógico; II) Conhecimento da avaliação; III) Conhecimento curricular; IV) Conhecimento do conteúdo; V) Conhecimento dos alunos (PCK SUMMIT, 2012).

Ainda, esses conhecimentos influenciam e são influenciados pelo PCK. Fernandez (2015, p. 516) explica que:

No modelo, o conhecimento profissional específico (PCK) passa por filtros e amplificadores, que são as crenças dos professores, o contexto no qual ele está inserido e as orientações para o ensino, e, depois desse filtro, esse conhecimento profissional específico será transformado e adaptado para a sala de aula sofrendo influência do conhecimento pessoal do PCK, do contexto de sala de aula, do currículo etc. Na sequência há os filtros e amplificadores dos alunos, levando em consideração suas próprias crenças, conhecimentos prévios e seus comportamentos, que irão direcionar os resultados dos alunos.

Observa-se que é na prática da sala de aula que o PCK se manifesta, sendo que essa prática influencia e é influenciada pelos conhecimentos do conteúdo específico e do currículo. A prática de sala de aula envolve o conhecimento das estratégias didáticas, da gestão de sala de aula e o conhecimento do currículo.

¹⁴ Os componentes afetivos a que se referem os autores são: orientações e crenças dos professores e a eficácia do professor, presentes nos modelos de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) e Park e Oliver (2008), respectivamente.

O modelo se constrói no entendimento do professor como agente reflexivo, que reflete sua prática com o intuito de alcançar resultados melhores com seus estudantes. Estes, por sua vez, retroalimentam os conhecimentos profissionais de base e a prática da sala de aula, que fornece uma nova compreensão ao PCK de um tópico.

A adição da prática de ensino indica, nesse modelo, que o PCK é dinâmico e abrange mais do que conhecimento estático. Também foi adicionada a ideia de que o PCK pessoal pode e deve ser articulado separadamente do conhecimento profissional específico do tópico.



Figura 9. Modelo da Cúpula do PCK.

Fonte: Fernandez (2015, p. 516).

Como é possível notar na **Figura 9**, o modelo de PCK reelaborado pela cúpula destaca o papel do contexto em influenciar o conteúdo e a natureza do PCK do professor, que pode ser considerado pessoal e idiossincrático.

Finalmente, o modelo explicita as ligações recíprocas (e teóricas, apenas) entre os PCK dos professores e os resultados dos alunos.

A definição apresentada pela Cúpula do PCK ainda não estava finalizada e os debates, envolvendo os pesquisadores, acerca do que é o PCK ainda continuaram. Isso significa dizer que o que foi apresentado na conferência foi um

consenso preliminar a respeito do PCK e que estão longe de cessar as discussões envolvendo esse tipo de conhecimento (GOES, 2014). O modelo, apesar de ser resultado de esforços e ideias coletivas de pesquisadores, não foi informado em dados empíricos, não estando claras se as ideias articuladas no modelo representavam com precisão o pensamento predominantemente acerca dos conceitos de PCK para a área de Ensino de Ciências (CHAN; HUME, 2019).

Esse modelo foi revisitado durante a realização de uma segunda cúpula, realizada em 2016, e que culminou no desenvolvimento do Modelo Consensual Refinado (RCM, do inglês *refined consensus model*) do PCK.

1.2.7 Modelo Consensual Refinado (RCM) do PCK para o Ensino de Ciências

Mesmo após a cúpula em 2012, observou-se, principalmente por parte dos pesquisadores interessados no PCK de professores de Ciências, que o modelo estava sendo interpretado e operacionalizado de formas variadas e a partir de uma ampla gama de instrumentos, gerando diferentes tipos de dados qualitativos e quantitativos (HUME; COOPER; BOROWSKI, 2019).

Em razão disso e objetivando chegar a uma compreensão compartilhada do PCK para o Ensino de Ciências, em dezembro de 2016, em Leiden, na Holanda, 24 pesquisadores convidados da área de Ensino de Ciências compartilharam seus trabalhos sobre PCK, apresentando uma variedade de instrumentos de pesquisa para identificar e capturar o PCK de professores de Ciências. Foram apresentados pontos fortes e fracos de diferentes instrumentos e procedimentos que têm sido utilizados para a investigação do PCK na área. Diante de algumas lacunas e divergências observadas, ficou clara a necessidade de um modelo atualizado para o PCK na formação de professores de Ciências (HUME; COOPER; BOROWSKI, 2019).

O RCM para o PCK representa as contribuições e o pensamento coletivo de duas dezenas de pesquisadores internacionais na formação de professores de Ciências, mas não pretende ser uma substituição de outros modelos, apenas tenta tornar mais explícito o que a comunidade científica entende por PCK, estudando como ele se desenvolve e as contribuições para o desenvolvimento

desse conhecimento específico do professor. Como destacam Carlson e Daehler (2019, p. 81 e 82):

Embora o modelo continue não sendo perfeito (como todos os modelos), o modelo atualizado de PCK reflete nossa atual e melhor representação e descrição das ideias coletivas do grupo sobre o PCK dos professores no Ensino de Ciências neste momento histórico [...] (tradução livre¹⁵).

Nessa nova versão do modelo (**Figura 10**), procurou-se mostrar que o PCK se desenvolve dinamicamente por meio de ciclos de *feedback* entre experiências de sala de aula e contribuições profissionais (CARLSON; DAEHLER, 2019).

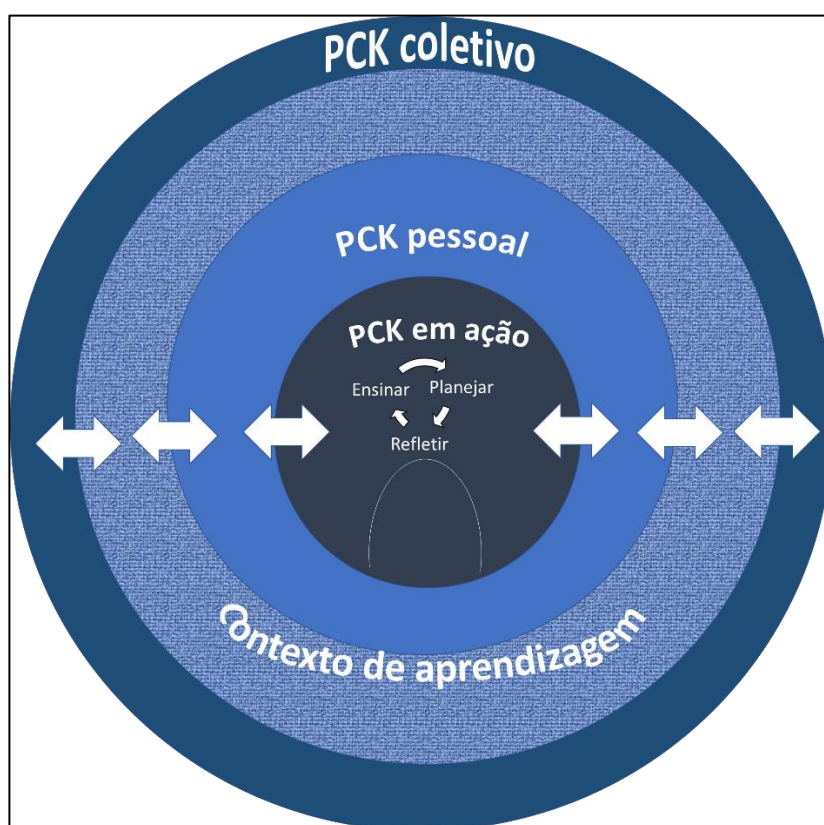


Figura 10. Modelo de PCK denominado RCM.

Fonte: Adaptado de Carlson e Daehler (2019, p. 83).

Uma característica fundamental desse modelo é a identificação de três domínios distintos de PCK: PCK coletivo (cPCK), PCK pessoal (pPCK), PCK em ação (ePCK, do inglês, *enacted* PCK). Esses domínios que descrevem,

¹⁵ While it remains a less-than-perfect model (as all models are), the updated RCM of PCK reflects our current and best representation and description of the group's collective ideas about teachers' PCK in science education at this moment in time [...].

respectivamente, o conhecimento profissional especializado detido por vários educadores, o conhecimento profissional especializado detido por um professor de Ciências e o conhecimento que um professor utiliza para envolver-se no raciocínio pedagógico durante o planejamento, o ensino e a reflexão (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O cPCK é um amálgama de múltiplas contribuições de educadores de Ciências, incluindo as próprias contribuições do professor, os conhecimentos da base combinados e as variadas experiências de ensino de um determinado assunto. Trata-se de uma base de conhecimento especializada para o Ensino de Ciências que foi articulada e compartilhada por um grupo de profissionais em um contexto de aprendizagem específico (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Engloba o conhecimento que mais de uma pessoa possui, sendo um conhecimento que não é privado, mas um conhecimento público e coletivo. Pode-se dizer que o cPCK representa um contínuo de conhecimento mantido por um grupo e que se estende além do que está na literatura e reconhece que o conhecimento sobre o Ensino de Ciências também se desenvolve nas escolas e equipes de profissionais da aprendizagem. Por exemplo, quando uma equipe de professores desenvolve uma sequência de ensino, esse conhecimento representa, também, o cPCK (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O cPCK pode ser observado em nível de disciplina, tópico ou conceito específico (esses níveis são mostrados apenas no domínio cPCK, mas as autoras reforçam que esses níveis podem ser observados também para o ePCK e pPCK). Em nível de disciplina, relacionam-se os conhecimentos das maneiras mais eficazes de apresentar as crianças à argumentação científica. Em termos de conceito específico, refere-se ao conhecimento de estratégias para ajudar os alunos a compreender o conceito de que a matéria não é criada e nem destruída, por exemplo. Já, com relação ao tópico, tem-se o conhecimento de concepções anteriores típicas de alunos do ensino médio sobre fotossíntese, por exemplo (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O modelo RCM reconhece que os conhecimentos de base, como conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico, são fundamentais para o PCK do professor de Ciências e que o contexto influencia o processo de ensino e aprendizagem que ocorre (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O desenvolvimento do cPCK, por sua vez, pode se dar por meio de uma conversa e compartilhamento entre professores ou, ainda, pela participação em projetos de pesquisa em Ensino de Ciências e em comunidades de aprendizagem profissional organizada. Essa troca de conhecimentos e habilidades, dentro e fora e através dos círculos concêntricos é outra característica fundamental do modelo (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Entre o cPCK e o pPCK, encontra-se o contexto de aprendizagem. O contexto, nesse modelo, serve para amplificar e filtrar os conhecimentos e habilidades de cada professor e para mediar as suas ações. Isso porque a aprendizagem de Ciências sempre ocorre em um contexto, tempo e espaço que são definidos por uma infinidade de fatores, como o contexto mais amplo (políticas públicas e orientações nacionais, por exemplo), o contexto mais específico (escola e sala de aula) e os atributos e características dos alunos. Os atributos dos alunos são o aspecto mais importante do contexto da aprendizagem e inclui os fatores: idade dos alunos, série, experiências, disposição e prontidão para o desenvolvimento, crenças culturais (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O modelo considera que o conhecimento sobre alunos tem grande influência no raciocínio pedagógico do professor e em seu ciclo de planejamento, ensino e reflexão, interferindo nas suas decisões (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O contexto de aprendizagem, assim, serve como um amplificador e um filtro que pode influenciar o pPCK do professor e o separa do cPCK.

O pPCK é o conhecimento pedagógico do conteúdo cumulativo e dinâmico de um professor, que reflete suas experiências próprias de ensino e aprendizagem, juntamente com as contribuições de outros professores, pesquisadores educacionais, cientistas e outros especialistas em forma de intercâmbios profissionais, artigos de periódicos, mídia social e cursos, bem como contribuições dos alunos (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Esse domínio do PCK é desenvolvido, moldado e refinado ao longo do tempo, por meio da educação formal, de experiências de ensino e compartilhamento profissional. O resultado é um conhecimento especializado somado a um conjunto de habilidades para ensinar tópicos específicos de Ciências para alunos específicos em determinados contextos de aprendizagem.

Como cada professor vivencia experiências próprias, conclui-se que o pPCK é único e particular (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O ePCK é o conhecimento e as habilidades específicas utilizadas por um professor em um ambiente com um aluno ou um grupo específico de alunos, com o objetivo de que esses alunos aprendam um conceito ou um aspecto específico da disciplina (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Esse domínio do PCK de um professor para qualquer momento de ensino (planejamento, ação e reflexão) reflete o contexto da escola, da sala de aula e de cada aluno interagindo com o professor e a compreensão particular do professor sobre o conteúdo de Ciências, bem como seu conhecimento e suas habilidades pedagógicas. O ePCK é visível na expressão do conhecimento do professor, na escolha de estratégias de ensino e de representações instrucionais e na integração de vários fatores no raciocínio pedagógico, como o conhecimento dos alunos e da avaliação (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Estudar o ePCK pode significar estudar como os professores planejam, refletem ou ensinam um tópico específico; estudar como todas as partes do ciclo são empregados por um professor; analisar como os professores escolhem suas estratégias de ensino para tópicos específicos; e examinar o papel que os recursos didáticos desempenham no planejamento dos professores. Por ser o ePCK tão específico para um episódio particular de ensino, não pode ser considerado uma representação completa do alcance do PCK de um professor. Assim, o ePCK foi considerado, pelos participantes da 2ª cúpula em 2016, como um subconjunto do pPCK do professor (CARLSON; DAEHLER, 2019).

No RCM, a troca de conhecimento entre o ePCK e o pPCK ocorre em ambas as direções. As interações entre professor e alunos, influenciam o pPCK e o ePCK que o professor coloca em prática em uma determinada situação em sala de aula, depende do conhecimento específico do professor, que são amplificados e filtrados pelo raciocínio pedagógico (CARLSON; DAEHLER, 2019). Cabe ressaltar, no entanto, que o professor pode ou não utilizar os conhecimentos que possui durante a prática de ensino, transformando-os ou não em ePCK. Segundo as autoras:

[...] o pPCK é influenciado e influencia o ePCK. Da mesma maneira, o pPCK no Ensino de Ciências é influenciado e pode influenciar o

contexto de aprendizagem no qual o professor opera (CARLSON; DAEHLER, 2019. p.86, tradução livre¹⁶).

Ao longo da jornada profissional de um professor de Ciências, ocorrem trocas de conhecimentos entre os vários círculos concêntricos no modelo. Os conhecimentos e as habilidades que um professor possui em cada domínio são filtrados e amplificados, moldando o pPCK ao longo do tempo. As crenças sobre os alunos, sobre a natureza do conhecimento científico e sobre o papel do professor, bem como suas atitudes podem amplificar e/ou filtrar como um professor desenvolve seu pPCK (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Ocorrem trocas de conhecimento, também, quando um professor faz escolhas de instrução relacionadas ao ensino de um determinado conteúdo em um determinado contexto, influenciado por seus próprios filtros e amplificadores, que informam o ePCK. Igualmente, as experiências adquiridas com a prática do Ensino de Ciências fornecem um *feedback* que desenvolve e molda ainda mais o pPCK de um professor (CARLSON; DAEHLER, 2019).

A investigação do desenvolvimento do PCK, neste trabalho, se deu no contexto de implementação de uma UDM. Assim, a próxima seção aborda a importância de se repensar e revalorizar o planejamento didático-pedagógico como um dos elementos fulcrais para a formação inicial de professores de Química. Na seção, ainda, é apresentado o processo de implementação da UDM.

¹⁶ pPCK is both informed by and informs ePCK. Similarly, pPCK in teaching science is both informed by and can inform the learning context in which a teacher operates.

2 O PLANEJAMENTO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO NO FORMATO DE PROJETOS ESTRUTURADOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

O planejamento didático-pedagógico algumas vezes acaba se tornando uma atividade meramente burocrática e mecânica, descontextualizada e sem vínculo com a realidade social em que a escola está inserida. Também nesse contexto, são observados planejamentos com objetivos de aprendizagem implícitos e as ações centradas, exclusivamente, no conteúdo e nas atividades de ensino. Além disso, frequentemente, muitos professores adotam o livro didático como única referência para a elaboração de seus planejamentos (MENEGOLLA; SANT'ANNA, 2014; VEIGA *et al.*, 1992).

Ferrarini e Bego (2020, p. 91) trazem uma importante distinção entre os níveis de planejamento, como educacional, escolar, de ensino e de aula. Para os autores, “o planejamento de ensino está subordinado à proposta global de educação e à especificidade do ambiente escolar no qual está inserido”. A elaboração e execução desse planejamento é de responsabilidade do docente, diante das necessidades verificadas nas situações escolares específicas. Assim, neste trabalho, é utilizado o termo planejamento de ensino para se relacionar ao planejamento proposto por professores em determinado contexto escolar.

Na contramão dessas práticas predominantes, os atuais entendimentos acerca do planejamento de ensino destacam o seu importante papel no sentido de melhor organizar o processo de ensino e aprendizagem, dado o ambiente incerto e complexo da sala de aula. Faz-se necessário, para tanto, que o professor considere alguns aspectos importantes durante a elaboração do planejamento, quais sejam: ter clareza dos objetivos de aprendizagem pretendidos, das estratégias didáticas e de avaliação que serão adotadas, dos recursos disponíveis e da realidade em que se está inserido, bem como de orientações curriculares oficiais (ALVES; BEGO, 2020).

Também, nesse sentido, o planejamento de ensino deve ser entendido como uma ação reflexiva e contínua, permeada por processos de avaliação e revisão e que abarca escolhas por opções metodológicas e teóricas. Assim, planejar pode ser considerado um ato técnico, já que exige a definição de meios adequados para a obtenção dos resultados almejados, mas também um ato político e ético, uma vez que põe em questão crenças, ideias e valores que

alimentam a prática pedagógica e tem impacto no coletivo escolar (FARIAS, *et al.*, 2011; LUCKESI, 1994).

Diante da importância e real necessidade de se repensar o planejamento de ensino, no contexto da área de Ensino de Ciências, produziu-se, ao longo dos anos, muitos conhecimentos sobre uma variedade de modelos de planejamentos. Dentre tantas formas, alguns autores: (BEGO, 2016; GIORDAN, 2008; MOREIRA, 2011; SÁNCHEZ BLANCO; VALCÁRCEL PÉREZ, 1993; SANMARTÍ, 2002) têm apostado em planejamentos na forma de projetos estruturados de ensino e aprendizagem.

Sánchez Blanco e Valcárcel Pérez (1993) propuseram um modelo de planejamento de ensino intitulado de Unidade Didática (UD) (**Figura 11**).

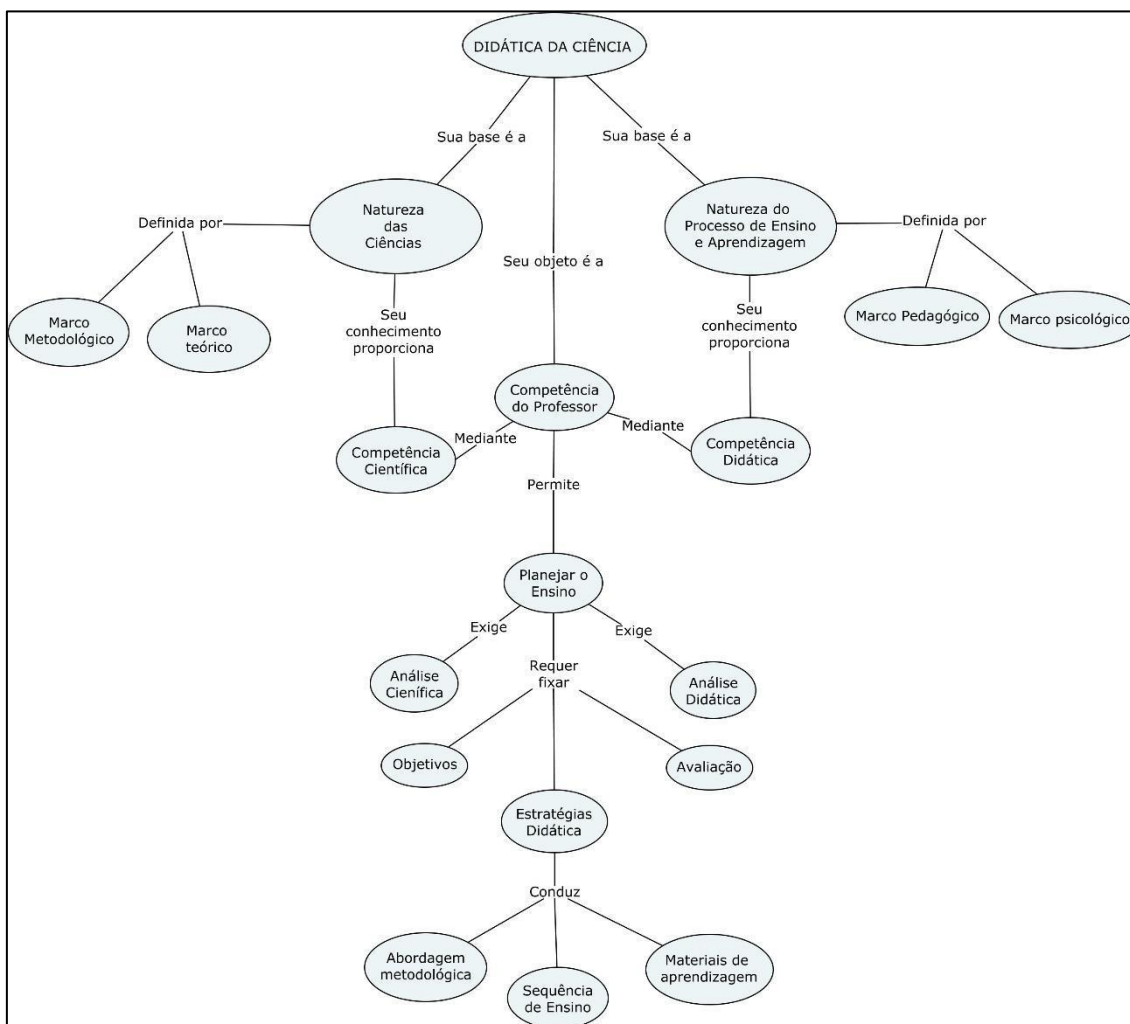


Figura 11. Modelo de planejamento proposto por Sánchez Blanco e Valcárcel Pérez (1993).

Fonte: Adaptado de Sánchez Blanco e Valcárcel Pérez (1993, p. 34).

Segundo os autores, para elaborar uma UD, o professor precisa desenvolver cinco tarefas: Análise Científica; Análise Didática; Seleção dos Objetivos; Seleção das Estratégias Didáticas; e Seleção das Estratégias de Avaliação. A Análise Científica objetiva selecionar e organizar os conteúdos que serão trabalhados na UD. A Análise Didática tem por finalidade adequar os conteúdos científicos escolares aos alunos, ou seja, envolve o levantamento das concepções prévias dos alunos acerca do tema da UD, a consideração das exigências cognitivas do conteúdo e a consideração das implicações para o ensino dos conteúdos selecionados. O levantamento das concepções prévias dos alunos pode ocorrer mediante análises na literatura ou mesmo investigações em sala de aula (SANCHÉZ BLANCO; VALCÁRCEL PÉREZ, 1993).

A Seleção dos Objetivos deve levar em consideração as pretensões educativas do professor e, então, definir as prioridades e hierarquizá-las para o estabelecimento de referências tanto para a seleção das estratégias didáticas, quanto para o processo de avaliação. Essa etapa só deve ser pensada após bem estruturado o conteúdo e após a realização das Análises Científica e Didática, ressaltando a importância da integração dos conhecimentos pedagógicos e do conteúdo para a elaboração do planejamento de ensino. A Seleção de Estratégias Didáticas deve estar em consonância com os objetivos já determinados. Para essa etapa é necessário: planejar a sequência global de ensino, selecionar as atividades das aulas e elaborar materiais de aprendizagem (SANCHÉZ BLANCO; VALCÁRCEL PÉREZ, 1993).

Para finalizar, a Seleção de Estratégias de Avaliação requer a determinação do conteúdo da avaliação, a definição de como, quando e o que avaliar, bem como os instrumentos utilizados. As estratégias de avaliação, obrigatoriamente, devem estar relacionadas aos objetivos de aprendizagem apontados (SANCHÉZ BLANCO; VALCÁRCEL PÉREZ, 1993).

De forma resumida, as duas primeiras tarefas objetivam a reflexão e definição de conteúdos, bem como os condicionantes envolvidos no processo de aprendizagem. Já as três últimas se relacionam à tomada de decisões dos professores e à explicitação do plano de ensino, assim como às configurações necessárias para a implementação em sala de aula.

Cabe destacar, no entanto, que os autores espanhóis apresentam apenas as tarefas envolvidas no planejamento de uma UD para o Ensino de Ciências.

Não há qualquer discussão sobre os procedimentos para sua aplicação no contexto de sala de aula ou de sua validação.

Sanmartí (2002) advoga que o ensino deve dar conta da diversidade dos alunos, uma vez que cada aluno aprende de um jeito específico e em um ritmo particular. Os professores, assim, deveriam planejar e desenvolver atividades didáticas diversificadas que atendessem à pluralidade em uma sala de aula e aos diferentes modos de aprendizagem dos alunos.

Para a autora, o desenvolvimento de projetos didático-pedagógicos envolve a elaboração de um conjunto de atividades organizadas e sequenciadas que permitam as interações aluno-professor e aluno-aluno e a definição de situações que propiciem a capacidade de compreensão dos fenômenos da natureza de acordo com os modelos aceitos pela comunidade acadêmico-científica. Para a autora, uma UD constitui-se em um projeto de ensino planejado pelo professor mediante um objetivo geral de aprendizagem. São também definidos objetivos específicos que visam a concretização do objetivo geral e são desenvolvidos a partir de sequências didáticas (SD). As SD, por sua vez, são formadas a partir de seções de aulas formadas por um conjunto de atividades didáticas. Resumidamente, uma UD consiste em SD ordenadas, as quais são compostas por seções de aulas nas quais se desenvolvem as atividades didáticas que intentam atingir determinado objetivo geral de aprendizagem.

A etapa de definição dos objetivos e da distribuição do tempo é considerada importante no planejamento de uma UD. De acordo com Sanmartí (2002), a definição dos objetivos, na maioria das vezes, se torna uma tarefa burocrática, mas é importante por orientar a seleção dos conteúdos e atividades, além de favorecer uma reflexão sobre sua adequação.

O planejamento proposto por Sanmartí (2002) é pautado, ainda, em atividades de ensino baseadas em situações que exigem a participação dos alunos e no uso de estratégias que valorizem a pluralidade e contribuam para a inserção ativa dos alunos no processo de ensino e aprendizagem.

O término de uma UD, segundo a autora, é provisório, uma vez que a cada nova sequência haveria a revisão das atividades didáticas que as constituem, por meio da correlação com novas situações. Trata-se de uma ação dinâmica e que seria capaz de resultar em um círculo espiral caracterizado por movimentos dialéticos e contínuos (**Figura 12**).

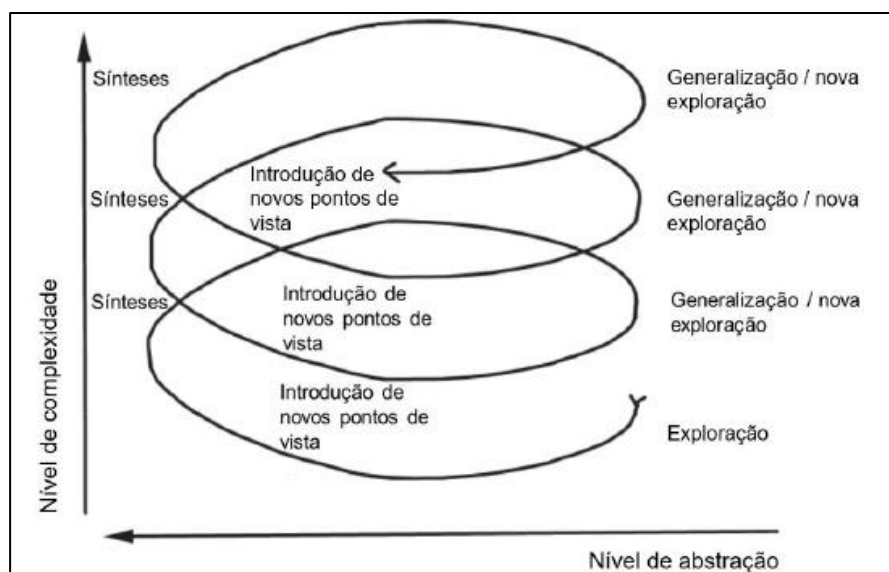


Figura 12. Sequenciamento das atividades didáticas em espiral.

Fonte: Adaptado de Sanmartí (2009, p. 195).

Apesar de suas especificidades, esses modelos propõem o planejamento de aulas articuladas e integradas, avançando no sentido do planejamento de aulas pontuais e desarticuladas.

Ferrarini (2020) aponta três críticas a esses modelos apresentados. A primeira crítica se refere à desconsideração dos diferentes níveis de planejamento, tais quais, planejamento educacional, curricular e de ensino. A segunda relaciona-se ao fato de a abordagem metodológica não se constituir como uma opção prévia, que abarca concepções políticas e éticas que orientam a ação profissional docente. De acordo com o autor, a abordagem metodológica, nessas propostas, se constitui apenas como uma decorrência da organização de ensino. A terceira crítica destaca a necessidade de o planejamento ser realizado a partir de uma realidade específica e concreta. Em ambos os modelos, não se nota um campo de sistematização dos condicionantes da realidade em que se insere o professor.

Bego (2016), ciente das limitações desses modelos, mas também de suas potencialidades, propôs a utilização de UDM no Ensino de Química, com base nos pressupostos de organização de uma UD proposta por Sanmartí (2002) e das tarefas de planejamento de uma UD definidas por Sánchez Blanco e Valcárcel Pérez (1993). Adicionalmente, a UDM se insere no contexto de defesa da necessidade de abordagens plurais para o processo de ensino e aprendizagem (SANMARTÍ, 2002).

Na próxima seção são discutidas as tarefas necessárias para a elaboração de uma UDM. Trata-se da primeira das três etapas que compõem o percurso formativo de implementação de uma UDM (**Figura 13**): planejamento, intervenção e replanejamento.

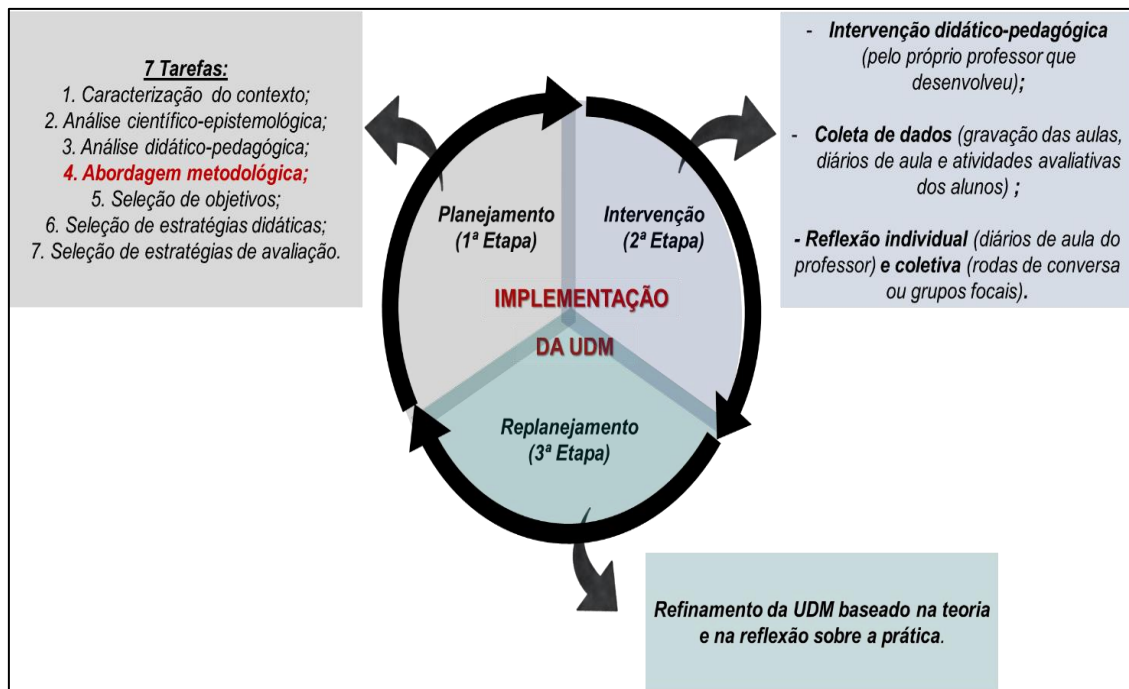


Figura 13. Síntese do processo de implementação de uma UDM.

Fonte: Morales (2021, p. 192).

2.1 Percurso formativo de Implementação de uma UDM - Planejamento de UDM

A partir do trabalho em 2016 (A implementação de unidades didáticas multiestratégicas na formação inicial de professores de Química), outros estudos foram desenvolvidos pelos membros da Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ), coordenada pelo professor doutor Amadeu Moura Bego. Os principais estudos desenvolvidos foram Bego (2017), Ferrarini (2020), Bego, Ferrarini e Morales (2021); Morales (2021) e Zoca (2021).

Para a elaboração da UDM, inicialmente foram propostas sete tarefas, que, ao longo dos anos e após estudos sistemáticos envolvendo a implementação de UDM (BEGO, 2017; FERRARINI, 2020; MORALLES, 2021), foram sendo aprimoradas e aperfeiçoadas. Os procedimentos para o planejamento de uma UDM foram sistematizados por Ferrarini (2020) e Bego, Ferrarini e Morales (2021) e estão esquematizados na **Figura 14**.

É possível notar que para a elaboração de uma UDM, o modelo prevê a realização de sete tarefas: 1) a caracterização do contexto da intervenção didático-pedagógica; 2) a análise científico-epistemológica; 3) a análise didático-pedagógica; 4) a definição de uma abordagem metodológica; 5) a seleção de objetivos; 6) a seleção de estratégias didáticas; e 7) a escolha de estratégias de avaliação. A elaboração da UDM deve, ainda, estar baseada na concepção de que não são atividades pontuais e isoladas que promovem a aprendizagem, mas, sim, a estruturação fundamentada teórica e metodologicamente do processo de ensino e aprendizagem (BEGO, 2016).

No **Anexo A** é apresentado o instrumento detalhado para o planejamento de uma UDM, sugerido por Bego (2016) e apresentado na íntegra por Moralles (2021).

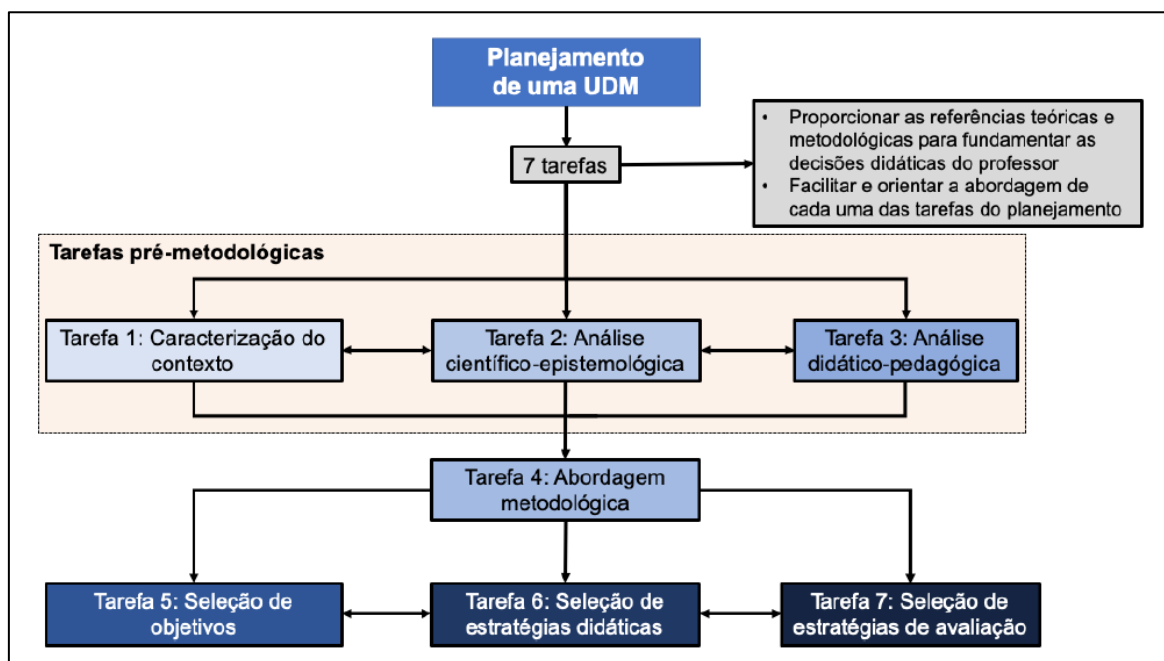


Figura 14. Sistematização do planejamento de uma Unidade Didática Multiestratégica (UDM).

Fonte: Bego, Ferrarini e Moralles (2021, p. 17).

As tarefas da UDM podem ser divididas em 2 grupos, o primeiro, que antecede a escolha da metodologia de ensino, engloba as tarefas denominadas pré-metodológicas. E o segundo grupo abarca as tarefas desenvolvidas após a escolha da metodologia de ensino. Essa divisão ocorre, primeiramente, em virtude da natureza do conteúdo e da forma como ele é trabalhado no processo

de ensino e aprendizagem, que podem influenciar a escolha da abordagem metodológica, pelo professor.

Essa divisão se justifica, também, pelo fato de que o contexto real da intervenção em sala de aula pode ter influência considerável na escolha metodológica. Assim, a caracterização do contexto é considerada uma tarefa pré-metodológica, uma vez que o ambiente de sala de aula é complexo e singular. Outra discussão importante acerca da caracterização do contexto é a de que o professor planeja uma UDM e não a UDM, ou seja, o planejamento de ensino deve ser realizado para um público-alvo e contexto específico e não de forma genérica ou estatisticamente generalizável, como na perspectiva tecnicista (BEGO, 2016).

Os licenciandos envolvidos no percurso formativo de implementação de um UDM participam, durante essa primeira etapa da implementação, de reuniões de orientação semanais com o professor formador a fim de discutir os procedimentos de cada uma dessas tarefas, as quais são explicitadas a seguir.

A 1ª etapa de planejamento no modelo da UDM consiste na identificação do planejamento (**Quadro 2**) e envolve a explicitação do curso, da instituição, da disciplina, do professor, dos autores da UDM e da data e versão da UDM. Essas informações se constituem em metadados importantes para o acompanhamento do processo de planejamento da unidade ao longo do tempo. Trata-se, por isso, de uma seção formal de identificação do planejamento e necessária apenas para que os autores e mesmo o professor da disciplina consigam organizar as versões da UDM (re)elaboradas durante o semestre. Esse bloco, portanto, não é considerado uma tarefa da UDM.

Quadro 2. Matriz de caracterização da UDM.

IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO	
Curso	
Instituição	
Disciplina	
Professor	
Autores da UDM (ordem alfabética)	
Data e versão da UDM	

Fonte: Ferrarini (2020, p. 369).

A Tarefa 1 da UDM é a caracterização do contexto da intervenção didático-pedagógica (**Quadro 3**). Essa tarefa envolve a caracterização da escola e do contexto de atuação do professor. Nessa etapa são explicitadas as turmas que participarão das atividades propostas e os aspectos estruturais da escola e o perfil socioeconômico e outras características importantes dos estudantes (BEGO, 2016; BEGO; FERRARINI; MORALLES, 2021; BEGO; SGARBOSA, 2016; FERRARINI, 2020).

Quadro 3. Matriz da Tarefa 1 da UDM: Contexto da intervenção didático-pedagógica.

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Nome da unidade escolar	
Endereço completo	
Telefone e e-mail	
Caracterização da unidade escolar	
Disciplina	
Ano/turma	
Professor responsável	
Número de estudantes	
Caracterização dos estudantes	

Fonte: Morales (2021, p. 166).

Para realizar de forma adequada a Tarefa 1, o professor precisa conhecer e considerar o contexto de atuação, uma vez que cada instituição de ensino tem sua própria organização, infraestrutura e história, assim como uma cultura que abarca valores, atitudes e crenças características. A direção e coordenação de cada instituição orienta o cotidiano escolar. Todos esses condicionantes influenciam, de certa forma, as atividades em sala de aula e, também, a qualidade de ensino (BEGO; SGARBOSA, 2016). Nesse sentido, o modelo proposto na UDM compactua com os argumentos trazidos por Sanmartí (2002), reconhecendo que o planejamento deve considerar as especificidades dos alunos e o contexto em que estão inseridos. Segundo Bego (2016, p. 61), “o planejamento será sempre de uma UDM para um determinado contexto sócio-histórico e não uma ‘receita de bolo’ que pode ser utilizada acrítica e descontextualizadamente”.

O preenchimento do **Quadro 3** pretende, dessa forma, que os professores identifiquem os elementos condicionantes e estruturantes de sua instituição, para que, a partir dessas informações, possam replanejar e readequar suas práticas, criticamente, a fim de definir e atingir os objetivos de aprendizagem.

A análise científico-epistemológica (**Quadro 4**) é a Tarefa 2 da UDM e corresponde à estruturação dos conteúdos científicos escolares, possibilitando, ao mesmo tempo, a realização de uma atualização científica do professor. Essa tarefa envolve o conteúdo programático a ser trabalhado na UDM, os pré-requisitos necessários para o entendimento e desenvolvimento dos novos conceitos, dos conteúdos científicos que serão desenvolvidos na UDM, do perfil conceitual ou do desenvolvimento histórico dos conceitos e, por fim, um mapa conceitual para explicitar os conceitos científicos trabalhados e suas relações.

Quadro 4. Matriz da Tarefa 2 da UDM: Análise científico-epistemológica.

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA	
Conteúdo programático da UDM	
Pré-requisitos para a UDM	
Orientações curriculares oficiais sobre o tema	
Conteúdos conceituais - Identificação dos fatos e/ou fenômenos de interesse (aspecto fenomenológico) - Interpretação dos fatos ou fenômenos de interesse (aspectos teórico e simbólico)	
Perfil conceitual ou desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM	
Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM (mapa conceitual)	
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	

Fonte: Moralles (2021, p. 167).

Essa tarefa é inspirada na análise científica proposta por Sánchez Blanco e Valcárcel Pérez (1993), que apresenta dois objetivos: a atualização científica do professor, por meio de estudos e reflexões sobre os conteúdos científicos; e a estruturação de quais conceitos e a ordem que eles devem ser abordados durante as aulas. Os autores espanhóis esclarecem, ainda, que os conteúdos

didáticos devem estar em concordância com os conceitos científicos mais atuais sobre a Natureza da Ciência.

A Tarefa 2 é um momento formativo muito importante, pois possibilita uma reflexão sobre a estruturação e natureza dos conteúdos científicos, que ajuda na atualização em relação aos avanços científicos sobre a temática que será trabalhada (MORALLES, 2021).

O campo “Conteúdo programático da UDM” destaca os conteúdos que são trabalhados e permite que o professor realize a integração de seu planejamento de ensino ao planejamento curricular definido pela escola. Esses conteúdos se relacionam com outros e, muitas vezes, necessitam de conhecimentos ou ideias prévias. O campo “Pré-requisitos para a UDM”, assim, contém informações desses conhecimentos ou ideias. Essa explicitação proporciona que o professor, principalmente em formação inicial, consiga estabelecer relações entre os conteúdos programados e o planejamento curricular de determinado ano ou nível de ensino, posicionando o conteúdo dentro do currículo. Além disso, orienta o professor em relação ao grau de complexidade que o novo conteúdo deve ser trabalhado.

Em “Orientações curriculares oficiais sobre o tema”, o professor toma ciência das orientações e diretrizes estabelecidas em documentos legislativos. Os documentos são de acesso público e podem ser obtidos em *websites* das Secretarias Estaduais de Educação e da Secretaria de Educação Básica. Esse procedimento da Tarefa 2 se justifica uma vez que o trabalho do professor se desenvolve em uma instituição que pertence a uma Rede de Ensino. Assim, os documentos oficiais devem ser entendidos como fontes de inspiração e de prescrição apenas e não como o próprio planejamento pronto e acabado.

Nesse âmbito, Ferrarini e Bego (2020, p. 91) discutem que o planejamento de ensino deve estar em consonância com orientações oficiais da escola e da rede a qual faz parte, não devendo o professor confundir sua autonomia com soberania e independência. Todavia os autores ainda destacam que:

[...] os docentes, enquanto sujeitos e não objetos do processo educativo, são detentores de formas de atuação e de reflexões críticas individuais e coletivas. Assim, decididamente, as pretensões da gestão central deveriam envolver mais complementaridade e menos arbitrariedade no que tange aos diferentes níveis de planejamento.

Em “Conteúdos conceituais” são elencados os conceitos científicos que são trabalhados na UDM. A explicitação desses conteúdos se dá, no entanto, relacionando os três aspectos do conhecimento químico. Mortimer, Machado e Romanelli (2000) propõem a existência de três aspectos do conhecimento químico: fenomenológico, teórico e representacional (**Figura 15**).

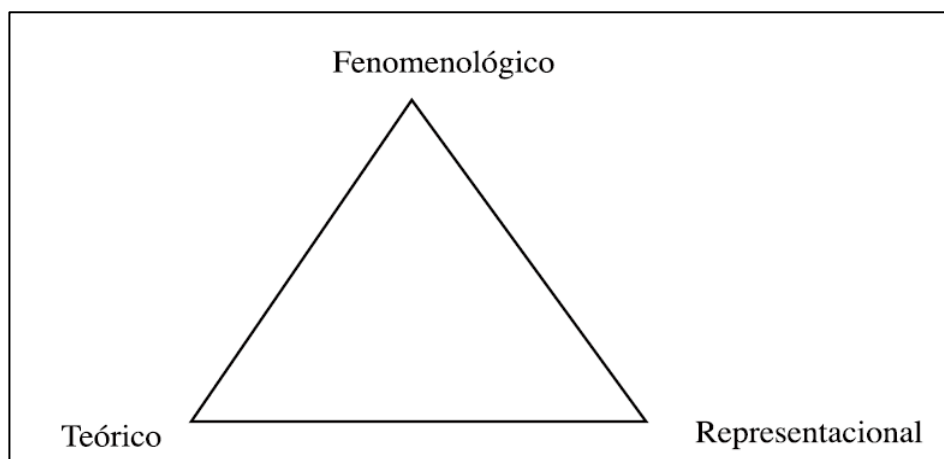


Figura 15. Triângulo que relaciona os aspectos do conhecimento químico.

Fonte: Mortimer, Machado e Romanelli (2000, p. 277).

O aspecto fenomenológico faz referência à dimensão macroscópica do fenômeno químico, como, por exemplo, observações e medições. O aspecto teórico envolve as explicações de natureza atômico-molecular, por meio de modelos abstratos como, por exemplo, a explicação de fenômenos utilizando a noção de moléculas. O aspecto representacional, por fim, associa-se à simbologia e à linguagem química, como a observada em equações, fórmulas, modelos e gráficos (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

Os autores destacam a importância de se trabalhar de forma articulada e igualitária os três aspectos, pois:

A ausência dos fenômenos nas salas de aula pode fazer com que os alunos tomem por “reais” as fórmulas das substâncias, as equações químicas e os modelos para a matéria. É necessário, portanto, que os três aspectos compareçam igualmente [...] Mesmo porque não existe uma atividade experimental sem uma possibilidade de interpretação [...] Para que a interpretação do fenômeno ou resultado experimental faça sentido para o aluno, é desejável manter essa tensão entre teoria e experimento, percorrendo constantemente o caminho de ida e volta entre os dois aspectos. O aspecto representacional também resulta dessa tensão, fornecendo as ferramentas simbólicas para representar a compreensão resultante desses processos de idas e vindas entre teoria e experimento (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2020, p.277).

Assim, nesse campo da Tarefa 2, o professor precisa estabelecer a relação entre os três aspectos dos conteúdos químicos, evitando que o ensino se limite à transmissão de regras e algoritmos sem relação com os fenômenos e a linguagem própria da Ciência. Adicionalmente, a própria reflexão e o aprofundamento do professor sobre a integração e a transição entre esses aspectos se constitui em um momento altamente formativo durante o planejamento da UDM, uma vez que estimula elementos da estrutura substantiva do assunto a ser ensinado.

O campo “Perfil conceitual ou desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM” consiste na análise da evolução dos conhecimentos dos estudantes dentro da sala de aula (MORTIMER, 1996). Para Mortimer (1996, p. 35):

[...] a noção de perfil conceitual tem várias consequências para o estabelecimento de estratégias de ensino e para a análise do processo de evolução conceitual em sala de aula. Uma fase fundamental no planejamento do ensino, de acordo com essa noção, é a determinação das categorias que constituem as diferentes zonas do perfil do conceito a ser ensinado, bem como a identificação dos obstáculos ontológicos e epistemológicos para a construção de conceitos mais avançados, presentes nas concepções mais elementares do perfil.

Para alguns conceitos pode não se encontrar perfil conceitual (por motivos de falta de pesquisas sobre o tema ou mesmo em virtude da própria característica do conceito) e, nesses casos, sugere-se que o perfil seja substituído pelo desenvolvimento histórico sobre a natureza do conceito.

Esse procedimento é importante para que o professor entenda como os conceitos químicos foram produzidos pela comunidade científica e como funcionam seus processos de validação. Esse entendimento pode evitar visões estáticas, aproblemáticas, ahistóricas e dogmáticas sobre a Natureza da Ciência Química e o trabalho científico.

O último procedimento dessa tarefa é “Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM”. Esse campo tem como objetivo a representação das relações entre todos os conceitos científicos discutidos na UDM. Sobre esse item, Ferrarini (2020, p. 124) destaca:

Esse é um item importantíssimo da segunda tarefa de planejamento da UDM em relação à superação de dois problemas das práticas tradicionais de planejamento. O primeiro se refere ao planejamento “aula a aula” pontual e isolado, no qual o professor não estabelece relações explícitas, intencionais e coerentes entre todos os conceitos

químicos a serem desenvolvidos em uma unidade. O segundo aspecto diz respeito à intenção de que os alunos não aprendam os conceitos isolados, mas, sim, os conceitos e suas inter-relações, ou seja, aprendam um esquema teórico-conceitual mais amplo.

O mapa conceitual, assim, auxilia na escolha dos conceitos centrais para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem da disciplina, ou parte dela e, permite, ainda, a explicitação das relações hierárquicas dos conceitos, exprimindo a ideia do planejamento como um todo e sua dimensão.

Morales (2021, p. 173) discute que a construção do mapa conceitual é mais um momento formativo, pois requer:

que o professor realize um processo de reflexão, síntese e aprofundamento dos conteúdos, que são cruciais para construir relações entre os conhecimentos que serão trabalhados na intervenção didático-pedagógica.

A análise didático-pedagógica constitui a Tarefa 3 da elaboração da UDM (**Quadro 5**) e tem por finalidade adequar os conteúdos científicos escolares aos estudantes por meio de três procedimentos: o levantamento das concepções alternativas dos alunos acerca dos tópicos da UDM; o delineamento dos obstáculos epistemológicos e a consideração das implicações dessas informações para o ensino dos conteúdos científicos selecionados (BEGO, 2016; BEGO; FERRARINI; MORALLES, 2021; BEGO; SGARBOSA, 2016; FERRARINI, 2020).

O objetivo da tarefa é que o professor antecipe e reflita sobre possíveis aspectos que podem influenciar o processo de ensino e aprendizagem (FERRARINI, 2020).

Quadro 5. Matriz da Tarefa 3 da UDM: Análise didático-pedagógica.

ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Ideias prévias dos alunos sobre os conteúdos da UDM (concepções alternativas)	
Exigências cognitivas dos conteúdos abordados (obstáculos epistemológicos)	
Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM Aspectos a evitar e a reforçar	
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	

Fonte: Morales (2021, p. 174).

O campo “Concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UDM” é uma atividade teórico-prática que explicita dados da literatura acadêmico-científica e, adicionalmente, pode envolver investigações realizadas na própria sala de aula. Essa investigação inicial compõe um arcabouço de informações visando antecipar e refletir sobre os aspectos que os alunos terão dificuldades e que poderão influenciar o processo de aprendizagem dos conceitos científicos abordados ao longo da UDM. Segundo Bego e Sgarbosa (2016), reconhecer as concepções alternativas é importante para valorizar os erros e utilizá-los em prol da aprendizagem, prevendo as possíveis dificuldades dos alunos e propondo antecipadamente o uso de estratégias que permitam problematizar e trabalhar essas concepções.

Em “Obstáculos epistemológicos particulares relacionados aos conteúdos da UDM” são apresentados os obstáculos epistemológicos referentes ao conteúdo da UDM. Os obstáculos epistemológicos considerados importantes por Lopes (2007) no contexto didático são: Experiência Primeira, Obstáculos Animistas, Obstáculos Realistas, Obstáculos Substancialistas e Obstáculos Verbais. Eles estão resumidos no **Quadro 6**.

Quadro 6. Obstáculos epistemológicos e suas características.

Obstáculos	Características
Experiência Primeira	Se define pelo apego à beleza do experimento e não à sua explicação científica. Ou seja, há uma limitação aos aspectos fenomenológicos das transformações, uma vez que as observações realizadas ficam somente nas percepções imediatas e nas leituras visuais dos fenômenos, sem que se consiga explicar como eles ocorrem
Obstáculo Animista	É percebido quando se atribui sentimentos e intenções a objetos inertes, existindo uma tendência em privilegiar o corpo humano e as funções vitais em detrimento da abstração existente no Ensino de Ciências
Obstáculo Realista	É observado quando há a supervalorização das impressões táteis e visuais. Dificulta a compreensão abstrata de um conceito, pois sobrepõe metáforas a fim de facilitar a compreensão superficial do mesmo
Obstáculos Substancialistas	Pode ser definido como a tentativa de coisificar noções abstratas, fazendo corresponder a toda qualidade uma substância. Assim, observa-se que as qualidades são atribuídas às substâncias sem considerá-las inteiramente relativas umas às outras e suas propriedades sendo fruto dessas relações
Obstáculos Verbais	relaciona-se ao uso da linguagem cotidiana no contexto científico para facilitar o entendimento de um fenômeno científico. A utilização de termos do cotidiano, porém, em alguns casos leva à associação de termos concretos a conceitos abstratos, causando entraves e gerando esse obstáculo epistemológico

Fonte: Adaptado de Lopes (2007).

Se o professor conhece os obstáculos epistemológicos sobre o conteúdo que pretende ensinar, pode prever a situação e ao elaborar o planejamento, propor atividades que ajudam a superar ou evitar a interposição dos obstáculos ao longo da UDM (MORALLES, 2021)

Para encerrar essa tarefa, o professor preenche o campo “Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM”. Nesse procedimento, são estabelecidos, a partir do levantamento realizado sobre os obstáculos epistemológicos e concepções alternativas, os pontos que devem ser evitados e enfatizados pelo professor para se evitar o surgimento de obstáculos e a problematização e o trabalho com as concepções alternativas identificadas (FERRARINI, 2020).

A análise didático-pedagógica é a última atividade das tarefas pré-metodológicas. Já a quarta tarefa do planejamento de uma UDM corresponde à definição da abordagem metodológica (**Quadro 7**) a ser adotada pelo professor.

Quadro 7. Matriz da Tarefa 4 da UDM: Abordagem Metodológica.

ABORDAGEM METODOLÓGICA	
Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)	
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	

Fonte: Morales (2021, p. 176).

Nessa tarefa, o docente deve explicitar os princípios da metodologia de ensino que servirão de base para a definição de objetivos de aprendizagem e para os demais elementos do planejamento. Trata-se da etapa fundamental da elaboração da UDM, em virtude de que a abordagem metodológica orienta a escolha e a estruturação dos demais elementos constituintes do planejamento (ALVES; BEGO, 2020; BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016; FERRARINI, 2020). Como já mencionado, diferentemente do planejamento proposto por Sánchez Blanco e Valcárcel Pérez (1993), em que a abordagem metodológica

se configura apenas como uma decorrência da organização do ensino, o modelo de UDM proposto por Bego (2016) prevê que a definição da abordagem metodológica se configure como uma opção prévia que envolve concepções políticas e éticas que orientam a ação profissional docente.

A definição da abordagem metodológica é influenciada pelas reflexões, aprendizados e escolhas realizadas nas três tarefas pré-metodológicas (MORALLES, 2021).

Importante destacar, também, que a definição da abordagem metodológica é a responsável por conferir unicidade à UDM e pela integração às múltiplas estratégias didáticas a serem utilizadas pelo professor (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016). Ao realizar essa tarefa, o professor confere o caráter autoral do planejamento de ensino, a partir de um ato consciente de explicitação de suas escolhas em relação a: teorias pedagógicas e psicológicas; visão de Ciência; visão de mundo; função do sistema educacional e forma de condução do ensino. A realidade objetiva, as especificidades dos conteúdos e as particularidades do processo de ensino e aprendizagem influenciam a escolha do professor por determinada metodologia de ensino.

A Tarefa 5 da elaboração da UDM é constituída pela seleção dos objetivos de aprendizagem (o objetivo geral e os específicos), número das SD que vão ser desenvolvidas e a distribuição do conteúdo programático (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016; FERRARINI, 2020).

Assim como o modelo de Sanmartí (2002), o modelo de planejamento de uma UDM é dividido em SD, que por sua vez, são subdivididas em aulas. Cada SD recebe um título e um objetivo específico, articulado com o objetivo geral. O **Quadro 8** apresenta a matriz da seção da UDM de definição do tema, objetivos de aprendizagem, SD e estratégias didáticas e de avaliação.

Quadro 8. Matriz das Tarefas 5 da UDM: seleção dos objetivos de aprendizagem.

TEMA, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM, SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS E ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO	
Título da UDM	
Objetivos previstos em orientações Curriculares Oficiais	
Objetivos da Unidade Didática	

Sequência Didática	Objetivos da Sequência Didática	Conteúdos programáticos	Tempo aproximado (em aulas)

Fonte: Moralles (2021, p. 178).

A seleção dos objetivos requer que o professor leve em consideração as orientações curriculares oficiais (viabilizando a inter-relação entre diretrizes curriculares, planejamento de ensino e consecução de objetivos de aprendizagem), o contexto da unidade escolar e, fundamentado na abordagem metodológica, explicita o objetivo geral da UDM, bem como os objetivos específicos de cada SD que irá compor a UDM. Em função desses objetivos é que serão definidas as estratégias de avaliação que permitirão diagnosticar e acompanhar as aprendizagens almejadas (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016; FERRARINI, 2020). Além disso, a reflexão sobre a consecução dos objetivos possibilita uma avaliação do planejamento docente realizado (FERRARINI, 2020).

A importância dessa tarefa se dá por ser o momento em que o professor define, de forma autoral, o objetivo de aprendizagem pretendido para sua turma, a partir da análise crítica do contexto, das diretrizes de aprendizagem contidas em orientações curriculares oficiais e das informações obtidas durante a realização da análise científico-epistemológica e da análise didático-pedagógica, além, é claro, das concepções oriundas da metodologia de ensino adotada. Assim, pode-se afirmar que essa tarefa explicita a autonomia profissional docente, tendo em vista, que a definição do objetivo de aprendizagem da UDM envolve suas escolhas de ensino e guia, posteriormente, a definição e a estruturação das estratégias didáticas e de avaliação (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016).

O objetivo geral e os objetivos específicos são definidos e estruturados, na UDM, de acordo com a Taxonomia de Bloom Revisada (FERRAZ; BELHOT, 2010).

A primeira versão da Taxonomia de Bloom propõe uma estrutura hierárquica dos níveis do domínio cognitivo – indo do mais simples para o mais complexo –, em que, para ultrapassar de um nível para o outro, o aluno precisa

ter dominado as habilidades do nível antecedente, com uma dinâmica cumulativa, na qual um nível depende do outro (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Na versão revisada da Taxonomia de Bloom, as dimensões conhecimento e processos cognitivos (meio pelo qual o conhecimento é adquirido ou construído e usado para resolver problemas diários e eventuais) são diferenciadas, apresentando, assim, a estrutura de uma tabela bidimensional (**Figura 16**). Essa tabela tem como função estruturar os objetivos educacionais e auxiliar os professores em seu planejamento didático (FERRAZ; BELHOT, 2010).

	Verbos (dimensão: processos cognitivo – como)
Substantivos (dimensão: conhecimento – o que)	

Figura 16. Caráter bidimensional da Taxonomia de Bloom Revisada.

Fonte: Ferraz e Belhot (2010, p. 425).

A dimensão conhecimento pode ser classificada em: conhecimento efetivo; conhecimento conceitual; conhecimento processual e; conhecimento metacognitivo. As categorias são explicitadas no **Quadro 9**.

Quadro 9. Estrutura da dimensão conhecimento da taxonomia de Bloom revisada.

A. Conhecimento Efetivo – Os elementos básicos que os alunos devem saber para se familiarizar com uma disciplina ou resolver problemas nela.
B. Conhecimento conceitual – As inter-relações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que permitem que funcionem juntos.
C. Conhecimento processual – como fazer algo; métodos de investigação e critérios para o uso de habilidades, algoritmos, técnicas e métodos.
D. Conhecimento Metacognitivo – Conhecimento da cognição em geral, bem como consciência e conhecimento de sua própria cognição.

Fonte: Adaptado de Moralles (2021, p. 181).

Além disso, Ferraz e Belhot (2010) destacam que na versão revisada não há problema na ordem dos objetivos inseridos na dimensão do processo cognitivo. Porém, a ordem da dimensão conhecimento deve ser respeitada de maneira hierárquica.

Os objetivos são descritos utilizando verbos de ação, substantivos e um gerúndio. Os verbos de ação se relacionam à dimensão cognitiva que se deseja desenvolver, o substantivo descreve a dimensão do conhecimento (o que) a ser trabalhado e o gerúndio explicita como será atingido esse objetivo (de que modo) (**Quadro 10**).

Segundo Ferraz e Belhot (2010), pensar nesses três aspectos facilita a escolha das estratégias e atividades educacionais mais efetivas a serem utilizadas em sala de aula durante o processo de ensino e aprendizagem.

Quadro 10. Verbos da dimensão cognitiva e seus gerúndios associados.

1. Lembrar: Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Reconhecendo e Reproduzindo.
2. Entender: Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Interpretando, Exemplificando, Classificando, Resumindo, Inferindo, Comparando e Explicando.
3. Aplicar: Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Executando e Implementando.
4. Analisar: Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Diferenciando, Organizando, Atribuindo e Concluindo.
5. Avaliar: Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Checando e Criticando.
6. Criar: Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Generalizando, Planejando e Produzindo.

Fonte: Ferraz e Belhot (2010, p. 429).

A formatação dos objetivos a partir da Taxonomia de Bloom Revisada deve estar atrelada, ainda, com os princípios fundamentais da UDM. Isso significa que os objetivos devem se relacionar com os demais elementos do planejamento e se articular, ainda, com a metodologia de ensino escolhida.

Para finalizar a elaboração da UDM, as tarefas 6 e 7 compreendem a Seleção de Estratégias Didáticas e Estratégias de Avaliação (**Quadro 11**) e concebem a descrição de estratégias, recursos didáticos e instrumentos de avaliação que serão utilizados em cada SD que compõem a UDM. Essas tarefas

são as mais concretas do planejamento, pois, a partir dos subsídios e das escolhas realizadas nas tarefas anteriores, o professor irá planejar o sequenciamento de suas aulas e delimitar as estratégias didáticas e de avaliação a serem utilizadas para o desenvolvimento das aulas com base nos objetivos de aprendizagem definidos a partir de uma abordagem metodológica assumida (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016; FERRARINI, 2020).

A proposta para essa seção é a pluralidade de estratégias didáticas e dos instrumentos de avaliação. Além disso, são descritos a organização do espaço de sala de aula, os recursos didáticos e os materiais de aprendizagem que são necessários em cada SD.

A UDM baseia-se em Alves e Bego (2020) para diferenciar e especificar cada um desses elementos do planejamento. Para esses autores, as estratégias de ensino são um conjunto de ações intencionais, planejadas para a consecução de objetivos de ensino propostos. Recursos didáticos e materiais de aprendizagem são considerados termos distintos e, pode-se definir os materiais de aprendizagem como materiais preparados pelo professor ou pelos alunos para a realização das atividades. Já, o termo recurso didático, por sua vez, remete a objetos concretos que auxiliam o processo de ensino e aprendizagem e são veículos de algum conteúdo.

Com relação às estratégias de avaliação, objetiva-se a avaliação processual da UDM e das aprendizagens dos alunos, uma vez que a UDM se pauta na perspectiva de que o planejamento não é estático e imutável.

Quadro 11. Matriz das Tarefas 6 e 7 da UDM: seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação.

SELEÇÃO DE ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DE AVALIAÇÃO					
Título da Sequência Didática					
Objetivo da Sequência Didática					
Estratégia de Avaliação					
Dia/ Aula	Estratégia didática	Conteúdo de ensino	Descrição das atividades/ organização da sala de aula	Recursos didáticos	Materiais de aprendizagem

Referências do professor					

Fonte: Moralles (2021, p. 185).

No **Quadro 12** é apresentado um resumo das 7 tarefas necessárias para a elaboração de uma UDM, com os objetivos de cada tarefa e os procedimentos a realizar.

Quadro 12. Síntese dos objetivos e procedimentos de cada uma das 7 tarefas da UDM.

Tarefa	Objetivos	Procedimentos
Caracterização do contexto	- Racionalização do contexto de atuação - Identificação de condicionantes da prática pedagógica - Identificação de problemas práticos	1. Caracterização da unidade escolar 2. Caracterização da turma 3. Caracterização dos estudantes
Análise científico-epistemológica	- Estruturação dos conteúdos de ensino - Atualização científica do professor	1. Selecionar os conteúdos 2. Identificar o perfil conceitual ou histórico de desenvolvimento do(s) conceito(s) principal(is) 3. Definir o esquema conceitual da unidade
Análise didático-pedagógica	- Delimitação dos condicionantes de aprendizagem: adequação ao estudante	1. Levantamento das concepções prévias 2. Delimitar os obstáculos epistemológicos 3. Explicitar as implicações para o ensino
Abordagem metodológica	- Conscientização sobre a concepção de ensino e aprendizagem a ser adotada - Explicitação de uma visão de ciência - Definição dos propósitos e expectativas para o Ensino de Química em determinado nível de ensino	1. Explicitar os princípios psicopedagógicos da abordagem metodológica adotada 2. Delimitar os papéis desempenhados por professor e alunos no processo de ensino e aprendizagem 3. Definir a finalidade do Ensino de Química na educação formal 3. Descrever a visão de ciência assumida e suas implicações para o ensino
Seleção dos objetivos	1. Reflexão sobre as potenciais aprendizagens dos alunos 2. Estabelecimento de referências para o ensino e a avaliação	1. Considerar conjuntamente as Tarefas de 1 a 5 2. Definir e delimitar prioridades e hierarquizá-las
Seleção das estratégias didáticas	1. Determinação das estratégias e da melhor forma de sua estruturação e sequenciamento 2. Definição das tarefas a realizar por professor e estudantes	1. Considerar a abordagem metodológica e os objetivos de aprendizagem delimitados 2. Planejar a sequência global de ensino 3. Selecionar as estratégias didáticas 4. Elaborar materiais de aprendizagem

		5. Prever recursos didáticos necessários
Seleção de estratégias de avaliação	1. Avaliação das aprendizagens dos alunos 2. Referências para ajustes e reorganizações do processo de ensino 3. Avaliação da própria UDM	1. Determinar o conteúdo da avaliação 2. Determinar atividades e momentos de atividades avaliativas e devolutivas para os estudantes 3. Planejar instrumentos para a coleta de informações sobre o processo de ensino e aprendizagem

Fonte: Bego, Ferrarini e Morales (2021, p. 18).

O propósito das tarefas desse planejamento é, segundo Ferrarini (2020), possibilitar acesso a referências teóricas que irão embasar as decisões do professor e contribuir para a melhoria de sua prática profissional. Ou seja, o planejamento de uma UDM constitui-se importante momento formativo, possibilitando o desenvolvimento de diversos conhecimentos docentes, entre os quais e, principalmente, os conhecimentos do conteúdo e pedagógicos uma vez que permite a reflexão e estudo da importância do conteúdo e a forma como ele deverá ser ensinado.

A UDM, segundo Bego (2016), está estruturada de forma a estimular o professor a conceber um planejamento pautado em teorias pedagógicas complexas e contemporâneas e a explicitar sua metodologia de ensino que se constitui em parâmetro de referência teórica e metodológica de fundo e que fundamenta uma atitude crítico-reflexiva sobre sua prática laboral. Assim, o autor propõe a implementação das UDM em sala de aula a partir de três etapas (**Figura 13**) que se coadunam: o planejamento da UDM, a intervenção didático-pedagógica e o replanejamento da UDM a partir da crítica sobre a intervenção realizada.

Como discutido nesta seção, a primeira etapa da implementação de uma UDM corresponde ao modelo de planejamento e segue a elaboração das sete tarefas apresentadas, fornecendo a fundamentação teórica e metodológica para que o professor possa pautar e investigar sua ação nas situações reais de ensino.

Essa etapa inicial se caracteriza como um elemento integrador e interdisciplinar do curso, haja vista que os licenciandos são orientados a pesquisar e se aprofundar nos conteúdos químicos, nas concepções

alternativas, nas diferentes estratégias de ensino e em todas as demais demandas que são exigidas na etapa de planejamento (BEGO; FERRARINI, MORALLES, 2021).

O modelo de planejamento de uma UDM objetiva, a partir do reposicionamento do planejamento e de sua ressignificação nos processos de intervenção, explicitar e sistematizar a articulação entre metacconhecimentos profissionais, modelo didático de referência e âmbitos de investigação profissional¹⁷ (BEGO; FERRARINI, MORALLES, 2021).

Na próxima seção é apresentada a etapa de intervenção da UDM.

2.2. Percorso formativo de Implementação de uma UDM - Intervenção da UDM

O processo de implementação de UDM vem sendo estudado desde o ano de 2013 e o trabalho desenvolvido por Bego, Ferrarini e Morales (2021), a partir das aprendizagens e avanços atuais realizados pela RIPEQ, abarca as potencialidades e o percurso da implementação de UDM por futuros professores de Química.

A segunda etapa da implementação de uma UDM refere-se à intervenção didático-pedagógica em sala de aula. Essa etapa envolve atividades formativas que visam provocar, de forma intencional e sistemática, a tensão dialética entre a ação profissional e os propósitos educativos planejados pelos licenciandos. As atividades envolvidas na segunda etapa de implementação de uma UDM estão explicitadas na **Figura 17**.

A realização dessas atividades gera evidências por meio de registros das gravações das aulas e das produções dos estudantes, tais como as atividades avaliativas. As evidências são discutidas em duas diferentes dimensões: reflexões em nível coletivo, mediante as reuniões de orientação, e reflexões em nível individual, por meio da produção de diários de aula (BEGO; FERRARINI, MORALLES, 2021).

¹⁷ Os termos metacconhecimentos, modelo didático de referência e âmbitos de investigação profissional são termos discutidos por Porlán e Rivero (1998) e que foram trabalhados no contexto do planejamento da UDM por Bego, Ferrarini e Morales (2021).

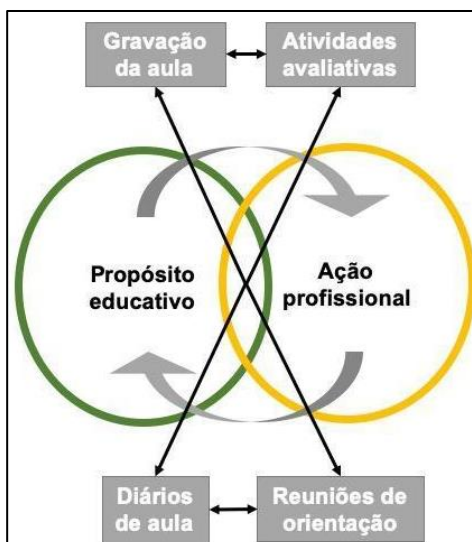


Figura 17. Atividades envolvidas na segunda etapa de implementação de uma UDM.
Fonte: Bego, Ferrarini e Moralles (2021, p.20).

Como discutem Bego, Ferrarini e Moralles (2021, p. 10), essas intervenções podem gerar:

[...] propostas didáticas inovadoras na prática de futuros professores, impulsionando o aprofundamento em teorias pedagógicas estudadas no transcorrer do curso, ao mesmo tempo em que encaram o desafio da superação da dicotomia entre teoria e prática e da necessidade de integração interdisciplinar dos diversos componentes curriculares.

Na próxima seção é apresentada a terceira etapa da implementação de uma UDM.

2.3 Percurso formativo de Implementação de uma UDM - Replanejamento da UDM

Finalmente, a terceira etapa da implementação de uma UDM diz respeito ao replanejamento da UDM a partir de uma reflexão crítica sobre a implementação realizada. Os licenciandos, nessa etapa, são orientados a explicitar os principais problemas observados durante a prática profissional, tomando como referência o material gerado tanto nas reflexões coletivas como nas individuais. Esta última etapa gera situações que podem possibilitar uma transição gradativa de concepções e crenças acríticas e simplistas em direção a posições mais complexas, autônomas e fundamentadas (BEGO; FERRARINI, MORALLES, 2021).

A reflexão individual acontece por meio da elaboração, pelo professor, de diários de sala de aula. A RIPEQ vem desenvolvendo ao longo dos últimos anos

seu próprio modelo de diário de aula, que atende às especificidades do modelo de planejamento da UDM (BEGO; FERRARINI; MORALLES, 2021). O **Quadro 13** apresenta uma síntese das seções do diário apresentado aos professores no momento da reflexão individual.

Quadro 13. Seções dos diários reflexivos propostos pela RIPEQ.

Seção	Finalidade
Desenvolvimento da aula	Registro dos fatos para a produção de uma narrativa rica em detalhes necessários para a reflexão docente (explorar o registro audiovisual). Anotação das observações e reflexões a respeito da regência do professor, das posturas e comportamento dos alunos, dentre outros.
Reflexões sobre as concepções alternativas, os obstáculos epistemológicos, o objetivo de aprendizagem e os resultados da avaliação (formal ou informal)	Análise dos resultados das produções dos alunos em relação ao objetivo de aprendizagem definido. Descrição das aprendizagens, principais dificuldades e possíveis motivos para os resultados apresentados. Explorar possíveis relações com as concepções alternativas e obstáculos epistemológicos encontrados na literatura.
Reflexões sobre a adequação das estratégias didáticas, recursos e materiais de aprendizagem utilizados na aula	Registro de sentimentos e percepções em relação ao que “funcionou” ou ao que “não funcionou” no desenvolvimento da aula em relação ao que havia sido planejado. Observações e reflexões a respeito das estratégias didáticas, recursos e materiais de aprendizagem em relação à: motivação e interesse dos alunos; complexidade de execução; participação dos alunos; adequação do tempo previsto; consecução dos objetivos.
Reflexões sobre a adequação da abordagem metodológica escolhida	Reflexão sobre a adequação da abordagem metodológica (seus princípios e fundamentos) para o contexto de atuação prática em aula, bem como o grau de apropriação do professor em relação às atividades de fato realizadas (explorar o registro audiovisual).
Propostas de modificações	Considerações do professor sobre mudanças: na sequência ou nos objetivos e conteúdos das aulas; nas estratégias utilizadas ou alguns dos elementos das atividades (tempo, materiais de apoio etc.); na sistemática de avaliação. Discussão dos principais motivos para as modificações propostas.

Fonte: Bego, Ferrarini e Morales (2021, p. 21).

A reflexão coletiva acontece por meio de discussões nas chamadas reuniões de orientação com o professor responsável pela formação. As reuniões ocorrem como rodas de formação ou grupos focais e têm como objetivo debater a prática e os problemas enfrentados com base em referenciais teóricos.

Cabe ressaltar, por fim, que as etapas de implementação de uma UDM não são tão rígidas e impermeavelmente concebidas e a intersecção entre as três etapas significa que elas são dinâmicas e inter-relacionadas (MORALLES, 2021).

Segundo Moralles (2021, p. 192):

Quando o professor está implementando a UDM, por exemplo, ele pode ir identificando problemas e alterando o seu planejamento inicial em processo. Esse movimento acaba contribuindo para a versão replanejada da UDM, proposta na 3ª etapa.

Todo o processo de implementação de uma UDM fundamenta-se na necessidade de um percurso formativo capaz de fornecer subsídios para o enfrentamento dos dilemas envolvidos no ensino e aprendizagem e para o direcionamento de um planejamento ressignificado e distinto da mera operação formal e burocrática. Outro ponto de destaque da implementação de UDM, refere-se à proposta de superação de práticas individuais de planejamento, tendo em vista sua proposta de organização de grupos de professores, em formação inicial ou continuada, com vistas a uma experiência coletiva, participativa e contextualizada (BEGO, 2016).

Segundo a **Figura 13**, ainda, por ser a implementação da UDM um processo cíclico, quanto mais vezes esse processo for realizado, mais a UDM estará refinada para ser utilizada em um determinado contexto e para um determinado conteúdo de ensino mediante uma certa metodologia de ensino. A cada nova intervenção, a proposta pode/deve ser adaptada à realidade da nova turma de estudantes e aos aprendizados e resultados de determinada implementação anterior.

O modelo de planejamento da UDM propõe a escolha de atividades articuladas, a partir da realidade que se apresenta. O professor, portanto, não é considerado mero reproduzidor de planos de ensino, mas como um profissional criativo e que deve possuir autonomia em sua prática profissional (BEGO; FERRARINI; MORALLES, 2021).

A importância desse processo incide na posição nevrálgica que o planejamento de ensino ocupa na prática educativa e no trabalho docente. A implementação da UDM visa, portanto, criar um espaço para a discussão do planejamento associado às questões típicas do Ensino de Ciências e sua incorporação à perspectiva do educar pela pesquisa e, objetiva, também, o desenvolvimento de um conhecimento prático-profissional pautado em um processo dinâmico, investigativo e colaborativo (BEGO; FERRARINI; MORALLES, 2021).

Assim, diante de todo o exposto e ciente de que esse percurso formativo complexo e multifacetado, propiciado pela implementação de um UDM, pode contribuir para uma formação inicial mais qualificada no que se refere a uma atuação competente e embasada teórica e metodologicamente, este trabalho visa investigar de que modo o processo de implementação de uma UDM incide sobre o desenvolvimento do PCK em professores de Química em formação inicial.

Na próxima seção são apresentadas as aproximações e afastamentos entre as propostas de PCK e da RIPEQ.

3 APROXIMAÇÕES E AFASTAMENTOS ENTRE AS PROPOSTAS DE PCK E DA RIPEQ

Já foram discutidos, em seções anteriores, os modelos de PCK e seu desenvolvimento e as premissas da implementação de uma UDM. Neste capítulo, propõe-se a realização de um movimento de aproximação e afastamento entre os dois referenciais. O objetivo é apresentar os pontos centrais que unem as duas visões e, portanto, trazem coerência para a análise, e os pontos de divergência entre essas visões, que possivelmente vão explicitar as contribuições deste trabalho.

De maneira geral, os estudos apresentados sobre o PCK discutem modelos e maneiras de desenvolver esse tipo de conhecimento. Já, a implementação da UDM tem sido entendida como um percurso formativo que tem potencialidades para desenvolver conhecimentos variados nos professores de química em formação inicial e continuada. As duas propostas propõem movimentos de reflexão crítica e teórica da, na e sobre a prática profissional docente. Assim, os conhecimentos seriam gerados a partir de ciclos de *feedback* e reflexões críticas entre experiências de sala de aula e contribuições de outros professores e de alunos.

Tanto na concepção da UDM, proposta por Bego (2016), quanto para o desenvolvimento do PCK, segundo os estudos de Carlson e Daehler (2019), propõe-se a elaboração de planejamentos autorais, fundamentados e intencionados a partir de um determinado contexto específico de ensino.

A importância do contexto é outro ponto de consonância entre os modelos de PCK e a implementação da UDM. Para ambos, o contexto influencia as escolhas e decisões tomadas pelo professor em seu planejamento. Na UDM, a caracterização do contexto é a primeira Tarefa, em que o professor problematiza as condições socioeconômicas, estruturais e organizacionais da escola, que influenciam, de certa forma, as atividades em sala de aula e a qualidade de ensino. Além disso, o planejamento deve considerar as especificidades das turmas e alunos. Assim, na Tarefa 1 há espaço para que o professor caracterize tanto a unidade escolar e sua infraestrutura quanto os alunos e as turmas.

No RCM, o contexto aparece como contexto de aprendizagem, que, segundo Carlson e Daehler (2019), amplifica e filtra os conhecimentos e as habilidades do professor, mediando suas ações. Trata-se do filtro entre o cPCK

e o pPCK. Os autores reforçam a necessidade de os professores conhecerem as características e atributos dos alunos. Nesse modelo, como já foi mencionado, são consideradas três dimensões: cPCK, ePCK e pPCK. A troca de conhecimentos entre essas dimensões ocorre de forma bidirecional, demonstrando que eles estão relacionados e exercem influência mútua entre si. Oliveira (2019, p. 42) destaca que:

[...] o pPCK de um professor poderá direcionar as suas escolhas para o ensino de um assunto específico, em um contexto específico e a determinados alunos, caracterizando seu ePCK. Por outro lado, as experiências advindas da prática desse ensino e os resultados atingidos com a mesma retornarão ao pPCK, contribuindo na formação de um constructo pessoal do professor, funcionando como um repertório docente. Ademais, a partir do diálogo e troca de experiência com outros professores, ou até mesmo ao participar de um curso ou projeto de pesquisa que visem sua capacitação profissional, um professor pode contribuir para a construção do cPCK, ao mesmo tempo que é influenciado por este corpus de conhecimentos coletivamente compartilhados por um grupo ou comunidade.

Nesse sentido, este trabalho parte do pressuposto que a implementação de uma UDM pode contribuir para o desenvolvimento do PCK nessas três dimensões.

A **Figura 18** destaca em quais etapas da implementação de uma UDM, cada uma das dimensões de PCK poderia ser desenvolvida com maior ou menor ênfase.

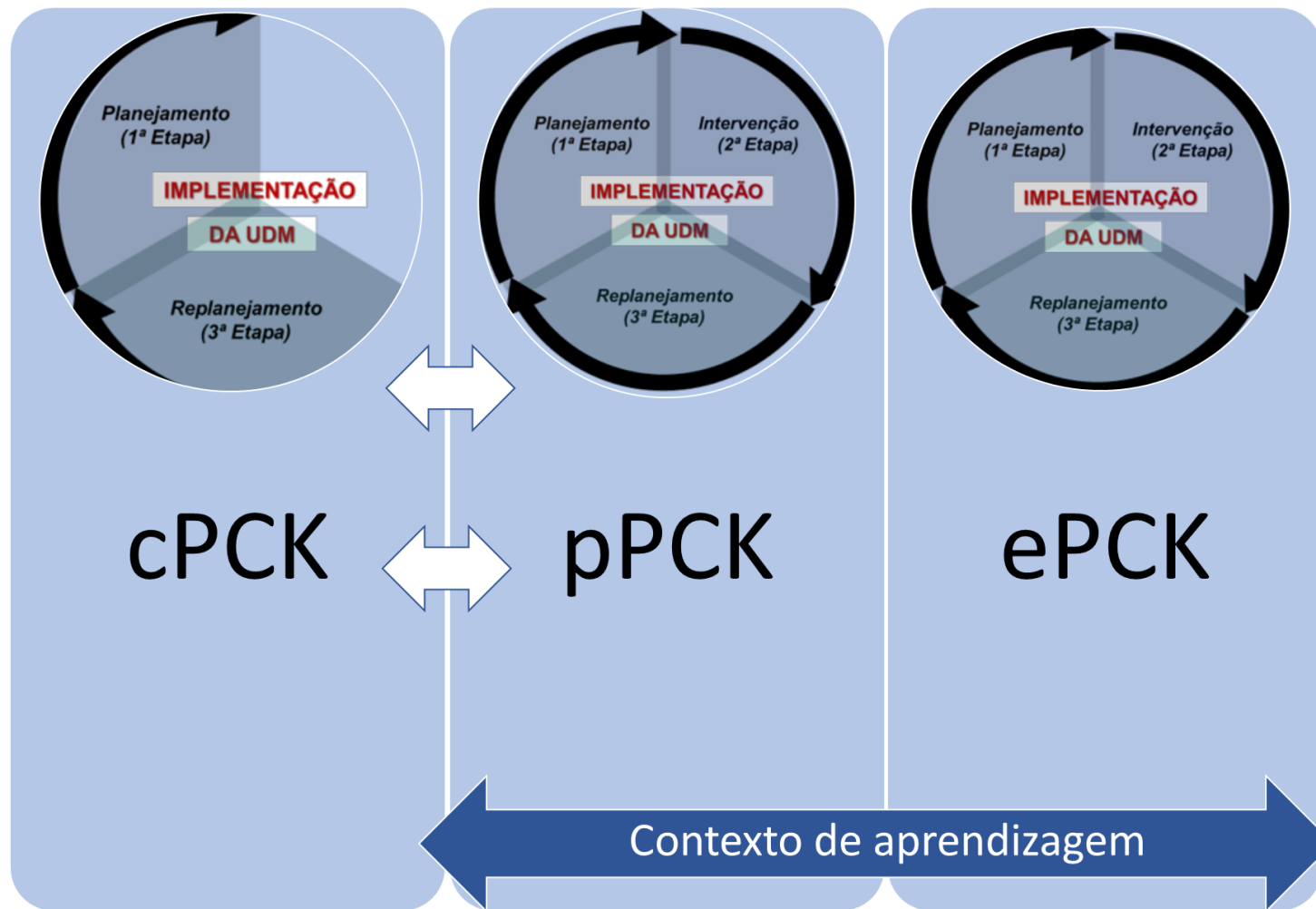


Figura 18. Relação entre as etapas da implementação de uma UDM e as dimensões de PCK no RCM.

Fonte: Elaboração própria.

O cPCK não é apenas representado em publicações acadêmicas, mas também pode ser um conhecimento articulado e utilizado por um grupo de educadores e/ou pesquisadores (CARLSON; DAEHLER, 2019). Essa dimensão poderia ser desenvolvida durante a implementação de uma UDM quando os professores/licenciandos realizam as chamadas sete tarefas do planejamento. Ao elaborarem essas tarefas, os professores em formação inicial têm a oportunidade de refletir diversas pesquisas acadêmicas consolidadas da área sobre concepções alternativas, obstáculos epistemológicos e passar por uma atualização científica e didático-pedagógica a partir do estudo e sistematização das tarefas, sob a mediação do professor formador. Além disso, são realizadas discussões sobre as opções metodológicas e as orientações curriculares que pautam a definição de objetivos e a escolha por estratégias didáticas e de avaliação.

Durante a elaboração das sete tarefas do planejamento de uma UDM, os licenciandos, em pequenos grupos, participam das chamadas reuniões de orientação, realizando discussões acerca dos procedimentos das tarefas e do conteúdo científico, bem como refletindo sobre escolhas pedagógicas e metodológicas. Nesse momento, ocorrem interações entre os grupos de licenciandos e o professor formador, que compartilham vivências e discutem sobre opiniões, escolhas e caminhos, originando um construto que pode vir a se constituir no cPCK ou PCK coletivo local, que representa esse grupo de pessoas nessa situação específica. Além disso, na etapa de replanejamento, são realizadas reflexões a partir do que os licenciandos planejaram, vivenciaram e refletiram na e sobre a prática. Entende-se que essas reflexões podem também contribuir para o cPCK, uma vez que, a partir desse replanejamento e reflexão, são desenvolvidos e sistematizados diversos materiais didáticos, a própria versão final da UDM e, ainda, trabalhos com formato de divulgação em eventos que podem, então, dialogar com as produções e experiências compartilhadas pela comunidade acadêmico-científica da área.

A dimensão pPCK se desenvolveria nas etapas de planejamento, replanejamento e intervenção da UDM. Como discutido, as discussões promovidas durante as reuniões de orientação poderiam permitir o desenvolvimento de conhecimentos, tais como o conhecimento do conteúdo, já que durante as reuniões das tarefas 2 e 3 o conhecimento do conteúdo é exigido

de forma bastante intensa. Além disso, é a dimensão do PCK que se apresentaria quando os licenciandos refletissem sobre as evidências produzidas durante a etapa de intervenção (trabalho dos estudantes, vídeos das aulas etc.).

A partir das experiências de ensino de um determinado conteúdo curricular específico que são realizadas na etapa de intervenção, os licenciandos teriam a oportunidade concreta de adquirir os conhecimentos sobre os estudantes, o que sabem e quais suas dificuldades no processo de ensino e aprendizagem do referido tópico curricular, dentre outros aspectos da prática profissional docente.

A dimensão ePCK é uma dimensão em que há poucas oportunidades de ser desenvolvida na maioria dos cursos de licenciatura, haja vista o formato dos estágios supervisionados, que são realizados, majoritariamente, por contatos esporádicos e verticalizados com a escola (AGOSTINI; TERRAZZAN, 2012; ASSAI; BROIETTI; ARRUDA, 2018; BRAGA, 2015; FAZENDA, 2012; GARCEZ *et al.*, 2012; NETO; BOZZINI; FURLAN, 2016; PIMENTA; LIMA, 2005; SILVA; SCHNETZLER, 2008). Por sua vez, o percurso formativo de implementação da UDM é desenhado para que os licenciandos tenham a oportunidade de planejar e refletir sobre a intervenção realizada (planejamento, ação, reflexão). Conseguem, além disso, refletir antes e depois sobre a escolha das estratégias, a importância dos conteúdos abordados, a forma como propuseram a avaliação e até sobre a escolha dos objetivos de aprendizagem.

O ePCK ficaria acessível durante a intervenção da UDM, em que os licenciandos lançam mão de seus conhecimentos e habilidades durante a prática do ensino de um determinado conteúdo para uma determinada situação. Porém, acredita-se que as etapas de planejamento e replanejamento também auxiliem no desenvolvimento do ePCK, já que promovem o envolvimento do aluno no ciclo planejar – ensinar – refletir.

Como é possível observar na **Figura 18**, uma das potencialidades da implementação da UDM é que, por meio das 7 tarefas de planejamento, e iniciando na Tarefa 1, é posto aos alunos um contexto de aprendizagem concreto e um conteúdo curricular de ensino específico e, somente a partir disso, o planejamento do ensino é pensado. Assim, acredita-se que o pPCK e o ePCK sejam desenvolvidos a partir do estudo do cPCK nesse contexto real de ensino de um conteúdo curricular particular.

Outro ponto de convergência entre o modelo de PCK e implementação de uma UDM é a importância de movimentos reflexivos sobre a prática. Já no primeiro modelo de PCK, Shulman (1987) apresentou a ideia de raciocínio pedagógico para o desenvolvimento do PCK. O autor classifica o ciclo como dinâmico e esclarece que o processo reflexivo ocorreria por meio de etapas de compreensão, transformação, instrução, avaliação, reflexão e nova compreensão. No RCM, o Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação representa o raciocínio pedagógico do professor em suas práticas diárias de planejar, ensinar, refletir e replanejar. Segundo proposto, a cada novo ciclo, novas compreensões seriam incorporadas ao repertório do professor, desenvolvendo seu PCK.

A reflexão constitui parte importante na segunda etapa e parte central da terceira etapa da implementação de uma UDM, o replanejamento da UDM. Nessas etapas, se propõe que o professor que realize tanto reflexões em processo, durante a intervenção didático-pedagógica, quanto reflexões sobre a prática realizada, para a partir dessa reflexão e fundamentado em teorias pedagógicas, realizar um refinamento na versão inicial da UDM. Durante a intervenção já podem ocorrer reflexões que inclusive podem levar a micro alterações no planejamento ainda durante a própria intervenção.

Como já mencionado, a reflexão na dimensão individual é realizada mediante a elaboração de um diário de aula. Esse diário, como descrito anteriormente, possui modelo próprio, que atende às especificidades da UDM. O diário contempla as seguintes seções: desenvolvimento da aula; reflexões sobre as concepções alternativas, os obstáculos epistemológicos, o objetivo de aprendizagem e os resultados da avaliação (formal ou informal); reflexões sobre a adequação das estratégias didáticas, recursos e materiais de aprendizagem utilizados na aula; reflexões sobre a adequação da abordagem metodológica escolhida; propostas de modificações.

Além de articular as dimensões do PCK às etapas de implementação de uma UDM, entende-se que seja importante especificar quais conhecimentos, componentes do PCK do professor, segundo o modelo adotado, poderiam se desenvolver durante o percurso formativo que se propõe realizar neste trabalho. Assim, entende-se que, em tese, os cinco componentes do PCK, segundo o modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), seriam passíveis de

desenvolvimento durante a realização das 7 tarefas do planejamento de uma UDM.

A **Figura 19** apresenta quais os componentes do PCK e quais as tarefas que se relacionam com esses componentes.

Como é possível notar, o componente orientações para o Ensino de Ciências se relaciona à Tarefa 4, que é a definição da metodologia de ensino a ser adotada na UDM. Os autores do modelo apresentam nove Orientações que, moldam os demais componentes do PCK, assim como a metodologia de ensino, na proposta de Bego (2016), conforma os demais elementos da UDM, tais como as estratégias didáticas e de avaliação. Pode-se dizer que esses termos (orientações para o Ensino de Ciências e abordagem metodológica) podem ser considerados sinônimos. Assim, a realização de estudos sobre abordagens metodológicas e a sistematização da Tarefa 4 poderiam auxiliar no desenvolvimento do componente do PCK. De forma geral, os conhecimentos oriundos de disciplinas ditas pedagógicas influenciam nesse componente.

Advoga-se que, ao realizar a Tarefa 4, haveria a possibilidade de o licenciando tomar consciência da orientação de ensino que pretende assumir, com base nos modelos/exemplares/propostas na literatura especializada, para o Ensino de Ciências, explicitando suas concepções de ensino e, a partir delas, tomar decisões instrucionais acerca das estratégias didáticas, de avaliação e a forma de organização do processo de ensino e aprendizagem, de forma que o planejamento fique coerente com a proposta adotada.

A Tarefa 1 aparece situada na Figura 19 perpassando todos os conhecimentos. Isso porque, como já foi mencionado, nessa tarefa os licenciandos realizam a caracterização do contexto e, somente após essa tarefa, é que pensam as demais tarefas. Por isso, argumenta-se que essa tarefa funciona como pano de fundo concreto do planejamento da UDM, pautando as demais escolhas do professor, a partir de reflexões sobre os condicionantes que atuam sobre esse contexto, sejam de infraestrutura, sejam socioeconômicos e institucionais.

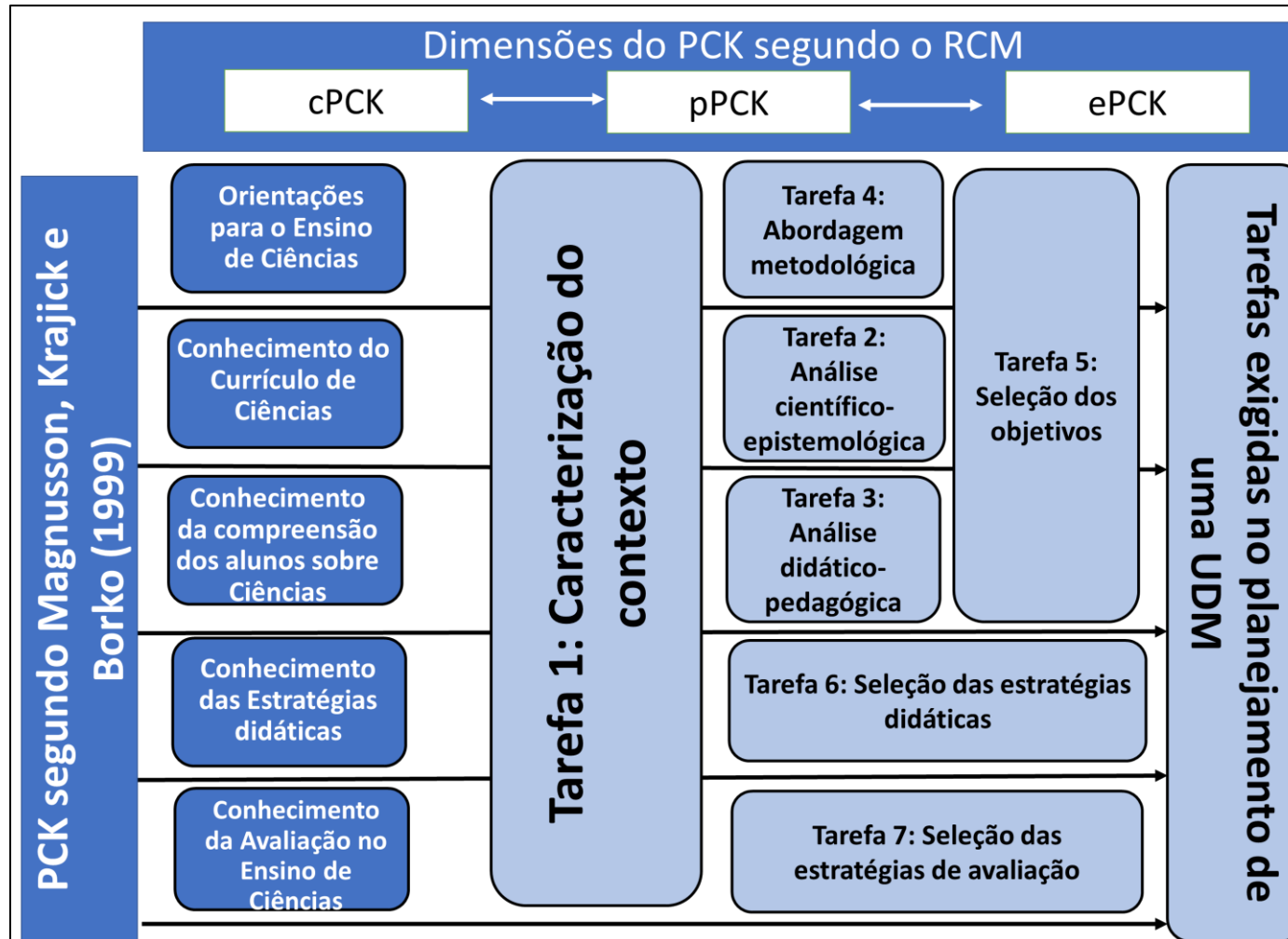


Figura 19. Os componentes do PCK e as tarefas de planejamento de uma UDM.

Fonte: Elaboração própria.

As Tarefas 2 e 3 possibilitariam o desenvolvimento dos componentes conhecimento do currículo de Ciências e conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências, respectivamente, porque essas tarefas incluem procedimentos que exigem uma investigação das concepções alternativas e obstáculos epistemológicos, além de um estudo das orientações curriculares oficiais sobre o conceito científico principal da UDM. Acredita-se, que adicionalmente, essas tarefas possibilitariam o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo, conhecimento considerado base do cPCK, já que durante essas tarefas são realizadas discussões e aprofundamentos epistemológicos e pedagógicos envolvendo um tópico curricular específico.

Já as Tarefas 6 e 7 promoveriam um estudo das estratégias didáticas e de avaliação que melhor se adequariam ao contexto específico de atuação e aos recursos disponíveis, a partir das características da metodologia de ensino definida. Possivelmente, esse estudo auxiliaria na construção de um cPCK sobre das estratégias didáticas e de avaliação para o ensino de determinado tópico curricular de química, com base no cotejamento entre as diversas propostas disponíveis na literatura da área e as discussões durante as reuniões de orientação com o professor formador.

A Tarefa 5 auxiliaria no desenvolvimento dos conhecimentos do currículo de Ciências, conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências e do componente sobre as Orientação para o Ensino de Ciências. Isso se deve ao fato de, ao definir os objetivos de aprendizagem, o licenciando precisar articular o conhecimento do conteúdo Químico com o conhecimento pedagógico, a partir do que está posto no currículo oficial das instituições. Ademais, essa tarefa possibilita a articulação desses conhecimentos os pressupostos e compromissos da metodologia de ensino definida, já que, ao definir os objetivos de aprendizagem, deve-se levar em consideração as relações entre os conceitos científicos, as dificuldades dos alunos e as finalidades e forma de organização do processo de ensino e aprendizagem da metodologia escolhida.

Assim, é possível observar que o percurso formativo da implementação de UDM pode contribuir, em tese, para o desenvolvimento do PCK de licenciandos nas 3 dimensões propostas pelo RCM e nos 5 componentes do modelo de PCK de Magnusson, Krajcik e Borko (1999). Algumas pesquisas

desenvolvidas pela RIPEQ têm mostrado, a partir de outros referenciais teóricos, o desenvolvimento dos conhecimentos docentes em professores em formação inicial que passaram pelo referido percurso (BEGO, 2017; FERRARINI, 2020).

Na próxima seção são apresentados os procedimentos metodológicos desenvolvidos neste trabalho a fim de acessar o PCK de licenciandos em Química no contexto do estágio supervisionado de uma universidade pública do estado de São Paulo.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nas seções anteriores foram apresentados os modelos de PCK construídos ao longo dos anos e a proposta de percurso formativo para professores de Química em formação inicial por meio da implementação de uma UDM. Nesta seção, são apresentados, com mais detalhes, o contexto em que a pesquisa está inserida e o problema e as questões de pesquisa que orientaram o desenvolvimento dos objetivos.

O caminho metodológico foi planejado especificando a abordagem adotada, os procedimentos para a coleta dos dados e para a análise dos dados.

4.1 Justificativa, problema e questões de pesquisa

4.1.1 Justificativa para a pesquisa e para a escolha dos modelos de PCK adotados

A revisão sistemática da literatura “Conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK): revisão sistemática da produção recente da área de Ensino de Ciências” (ALVES; BEGO; ZULIANI, 2019), realizada como parte dos trabalhos desta tese, revelou que a temática do PCK tem sido pouco discutida nas teses e dissertações e, menos, ainda, nos periódicos investigados na revisão.

A revisão foi realizada entre os meses de julho e agosto de 2018 e buscou por trabalhos publicados no período compreendido entre 2013 a 2017. As buscas foram realizadas em revistas nacionais da área de Ensino de Ciências com grande impacto e inserção entre os pesquisadores da área, ou seja, revistas de estrato A1 e A2, quais sejam: Ciência & Educação (C&E) (A1), Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência (A1), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) (A2), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) (A2), Areté – Revista Amazônica de Ciências (A2), Revista de Ensino de Ciências e Matemática (A2), Revista de Educação, Ciências e Matemática (A2) e Revista Brasileira de Ciências e Tecnologia (RBECT) (A2). Além disso, buscou-se no catálogo de teses e dissertações da CAPES.

Os termos definidos para busca foram: Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, *Pedagogical Content Knowledge* e *Conocimiento Didáctico del Contenido*, CPC e PCK. Optou-se por esses termos, por serem os mais utilizados

em artigos e livros que discutem a temática do PCK. Goes (2014) ao realizar seu estudo optou por utilizar esses mesmos termos.

Os principais resultados apontados nesse levantamento são: I) foram encontrados apenas 23 trabalhos que investigaram a temática do PCK, reforçando a necessidade de mais pesquisas nessa área; II) a investigação de PCK de professores durante a formação inicial foi tema de pesquisa de apenas 7 dos 23 trabalhos analisados; III) a área de Química é a área que mais pesquisa sobre o PCK, tendo sido encontrados 13 trabalhos que investigaram o PCK; IV) as pesquisas fazem uso de diversos métodos de investigação e caracterização do PCK, entre os quais: entrevistas, CoRe (Representação do Conteúdo, da sigla em inglês *Content Representation*), questionários, materiais produzidos por professores e licenciandos. O instrumento CoRe é apresentado e detalhado na seção 4.5.

A partir desses resultados e de resultados de outras pesquisas realizadas por membros da RIPEQ, pode-se apresentar as seguintes justificativas para afirmar a relevância desta pesquisa: i) há poucos trabalhos que pesquisam a temática do PCK, de forma geral; ii) é ainda menor o número de trabalhos que pesquisam sobre a temática do PCK na formação inicial de professores; iii) as investigações sobre PCK e seu desenvolvimento poderiam embasar as políticas públicas de formação de professores, sendo necessário, portanto, investigar as contribuições do percurso formativo proposto neste trabalho para o desenvolvimento do PCK de licenciandos em Química; iv) Bego (2017) e Ferrarini (2020) revelaram, por meio de suas pesquisas, que a implementação da UDM tem grandes potencialidades no processo de desenvolvimento dos conhecimentos docentes em professores em formação inicial, o que pode sugerir bons resultados no desenvolvimento do PCK de licenciandos.

A escolha pela utilização dos referenciais de PCK como fundamentação teórica para o conhecimento docente desta pesquisa se deu em virtude das aproximações entre as ideias de PCK construídas ao longo dos anos com as perspectivas formativas a partir da implementação de uma UDM, que vem sendo desenvolvidas através das pesquisas da RIPEQ.

Alguns resultados de pesquisa, embora com outros referenciais teóricos, já revelaram que o percurso formativo desenvolvido pela implementação de uma

UDM pode apoiar o processo inicial de desenvolvimento do conhecimento profissional desejável em professores em formação inicial (MORALLES, 2021).

Segundo Moralles (2021, p. 201):

[...] a UDM, por meio de um percurso formativo de implementação, propicia a aquisição / articulação / ressignificação de conteúdos centrais da Química e da atividade científica, trabalha a atualização didática articulada com os conhecimentos científicos, favorece o desenvolvimento de propostas inovadoras e reflexão didática explícita e permite desenvolver conhecimento específicos da Didática das Ciências durante o processo de pesquisas sobre a própria prática.

Esta pesquisa, assim, pretende avançar nos estudos de PCK e analisar como se deu o desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial após terem participado de um percurso formativo utilizando a implementação de uma UDM.

As discussões envolvendo o PCK neste trabalho foram baseadas em dois modelos: o RCM, que é o modelo mais atual e que apresenta três diferentes domínios de PCK e o modelo de PCK de Magnusson, Krajcik e Borko (1999).

Apesar do modelo RCM ser o mais atual, ele não explicita de forma detalhada os componentes do PCK. Assim, o modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) foi utilizado por ser um modelo amplamente utilizado na área de Ensino de Ciências.

Tendo-se apresentado as justificativas e a importância desta pesquisa para a área de conhecimento, na próxima seção, apresenta-se o problema e as questões geral e específicas de pesquisa.

4.1.2 Problemas e questões de pesquisa

Esta pesquisa pretende investigar os impactos do percurso formativo de implementação de uma UDM no desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial de uma universidade do interior do estado de São Paulo. Assim, a pergunta que orientou esta pesquisa é:

De que modo o processo de implementação de uma UDM incide sobre o desenvolvimento do PCK em professores de Química em formação inicial?

A fim de operacionalizar o processo de coleta e tratamento dos dados foram estabelecidas as seguintes questões de pesquisa:

1. Como se caracteriza o pPCK dos licenciandos antes e depois da implementação da UDM?
2. Qual a influência das tarefas previstas no processo de elaboração de uma UDM no desenvolvimento do PCK dos licenciandos?

4.2 Contexto de pesquisa

4.2.1 Contexto geral

A presente pesquisa se desenvolveu em uma Universidade do Estado de São Paulo no curso de licenciatura em Química. A instituição em questão (para fins de anonimização será chamada Instituição, apenas) mantém quatro cursos de graduação (Bacharelado em Química, Bacharelado em Química Tecnológica, Engenharia Química e Licenciatura em Química) e os cursos de Pós-Graduação em Biotecnologia e em Química, além do ProfQui, o mestrado profissional em Química em rede nacional.

O curso de Licenciatura em Química tem como foco principal a formação de professor apto a lecionar as disciplinas de Química no Ensino Fundamental e Médio. Atualmente são oferecidas 30 vagas anuais para o curso, que é oferecido no período noturno e tem prazo de integralização dos créditos disciplinares entre 5 e 7 anos para ingressantes até 2020 e entre 5 e 8 anos para ingressantes a partir de 2021. No ano de 2015 o curso passou por uma reestruturação curricular para atender às novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores (BRASIL, 2015).

Segundo o Projeto Pedagógico do curso de Licenciatura em Química, o professor formado na universidade em questão precisa ter formação generalista, sólida e abrangente em conteúdos dos diversos campos da Química. Além disso, requer que se tenha visão crítica da função da Química e capacidade de articular o conhecimento químico a problemas sociais, econômicos, políticos, tecnológicos e ambientais.

Em termos pedagógicos, se espera que o profissional formado seja capaz de desenvolver atividades de ensino que promovam reflexão sobre o uso que se faz na sociedade ao longo do tempo dos conhecimentos químicos e suas tecnologias e de suas consequências para o ambiente.

Na próxima seção apresenta-se o contexto específico em que a pesquisa se inseriu.

4.2.2 Contexto específico

A pesquisa se inseriu, mais especificamente, no contexto de desenvolvimento das disciplinas obrigatórias da estrutura curricular de 2015¹⁸, como mostra o **Quadro 14**, Instrumentação para o Ensino de Química e Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado (PEECS): Instrumentação para o Ensino de Química para a turma de 2020 do curso de Licenciatura em Química da Instituição.

Quadro 14. Estrutura curricular para o curso de licenciatura em Química vigente a partir de 2015.

DISCIPLINAS DO CURSO DE QUÍMICA (LICENCIATURA EM QUÍMICA)		
Créditos	Disciplina	Requisito(s)
1º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (14)		
02	Geometria Analítica	Pré: Não há
02	História da Educação Brasileira	Pré: Não há
02	Pré-Cálculo	Pré: Não há
04	Laboratório de Ensino de Química Geral (anual)	Pré: Não há
04	Química Geral (anual)	Pré: Não há
1º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)		
04	Cálculo Diferencial e Integral I	Pré: Pré-Cálculo
04	Biologia	Pré: Não há
04	Fundamentos da Educação	Pré: Não há
04	Laboratório de Ensino de Química Geral (anual)	Pré: Não há
04	Química Geral (anual)	Pré: Não há
2º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)		
04	Cálculo Diferencial e Integral II	Pré: Cálculo Diferencial e Integral I
02	Equações Diferenciais Ordinárias	Pré: Cálculo Diferencial e Integral I
04	Física Geral I	Pré: Não há
06	Química Analítica I	Pré: Química Geral
04	Química Inorgânica Descritiva	Pré: Química Geral
2º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)		

¹⁸ O curso de Licenciatura em Química passou por reestruturações em sua estrutura curricular nos anos de 2009, 2015 e 2019. A matriz de 2019 é a mais recente e, portanto, vigente para os ingressantes dos anos de 2019, 2020, 2021 e 2022. Nesta pesquisa, será considerada a matriz de 2015, uma vez que os sujeitos de pesquisa ingressaram na universidade no ano de 2017.

02	Cinética Química	Pré: Cálculo Diferencial e Integral I e II e, Equações Diferenciais Ordinárias Co: Termodinâmica Química
04	Física Geral II	Pré: Não há
04	Psicologia da Educação	Pré: Não há
06	Química Analítica II	Pré: Química Analítica I
04	Termodinâmica Química	Pré: Cálculo Diferencial e Integral I e II, Equações Diferenciais Ordinárias e Física Geral I
3º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)		
04	Elementos de Geologia e Mineralogia	Pré: Não há
04	Equilíbrio entre Fases e Fenômenos de Superfície	Pré: Termodinâmica Química
04	Física Geral III	Pré: Física Geral I
02	Física Experimental	Pré: Não há
04	História e Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências	Pré: Não há
02	Introdução à Estatística Básica	Pré: Não há
3º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)		
02	Eletroquímica	Pré: Termodinâmica Química e Física Geral II
04	Físico-Química Experimental	Pré: Termodinâmica Química, Cinética Química e Equilíbrio entre Fases e Fenômenos de Superfície Co: Eletroquímica
04	Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica	Pré: Fundamentos da Educação e História da Educação Brasileira Co: Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica
06	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica	Pré: Não há Co: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica
04	Química Orgânica I	Pré: Química Geral (anual)
4º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)		
04	Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química	Pré: Não há Co: Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química
02	Introdução à Química Quântica	Pré: Não há
06	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química	Pré: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica Co: Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química
04	Análise Instrumental, Educação Ambiental e Química Verde	Pré: Química Analítica I e II

04	Química Orgânica II	Pré: Química Orgânica I
4º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)		
04	Didática das Ciências	Pré: Laboratório de Ensino de Química Geral
06	Fundamentos de Bioquímica	Pré: Química Orgânica I
02	Metodologias para o Ensino de Ciências	Pré: Não há
04	Química Inorgânica	Pré: Química Geral e Introdução à Química Quântica
04	Química Orgânica Experimental	Pré: Química Orgânica I e Química Orgânica II
5º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (24)		
04	Introdução à Pesquisa em Educação em Ciências	Pré: Não há
04	Instrumentação para o Ensino de Química	Pré: Didática das Ciências e Metodologias para o Ensino de Ciências
06	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Didática das Ciências	Pré: Didática das Ciências e Metodologias para o Ensino de Ciências
04	Química Inorgânica Experimental	Pré: Química Inorgânica
02	Química Orgânica III	Pré: Química Orgânica I e II
04	Desenvolvimento da Pesquisa em Educação em Ciências: Formação do Professor Pesquisador (anual)	Pré: Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica; Currículo Linguagens e Avaliação no Ensino de Química. Co: Introdução à Pesquisa em Educação em Ciências; Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Didática das Ciências; Instrumentação para o Ensino de Química
5º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (22)		
05	Desenvolvimento da pesquisa em Educação em Ciências: Formação do Professor Pesquisador (anual)	
04	Libras, Educação Especial e Inclusiva (EaD)	Pré: Não há
06	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Instrumentação para o Ensino de Química	Pré: Instrumentação para o Ensino de Química
03	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Projetos na Escola	Pré: Não há
04	Optativa	
14	Atividades Teórico Práticas de Aprofundamento	

Fonte: Website da Instituição¹⁹.

A disciplina Instrumentação para o Ensino de Química é ministrada no primeiro semestre do quinto ano letivo e a disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química no segundo semestre. Os planos das disciplinas estão apresentados nos **Quadros 15 e 16**.

Quadro 15. Plano de ensino da disciplina Instrumentação para o Ensino de Química.

UNIDADE UNIVERSITÁRIA: Instituição			
CURSO: Licenciatura em Química			
DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL: Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica			
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA OU ESTÁGIO	SERIAÇÃO IDEAL	
QI26068	Instrumentação para o Ensino de Química	9º Semestre	
TIPO	PRÉ-REQUISITOS	CO-REQUISITOS	
Obrigatória	Didática das Ciências		
CRÉDITOS	CARGA HORÁRIA TOTAL	DISTRIBUIÇÃO DA CARGA HORÁRIA	
		TEÓRICA	PRÁTICA
4	60	60	
OBJETIVOS (Ao término da disciplina o aluno deverá ser capaz de):			
Geral: Avaliar as ideias docentes de “senso comum” sobre o ensino e aprendizagem das Ciências, criticando suas limitações por meio da discussão da importância da pesquisa na formação e na prática dos professores e do reconhecimento da importância do planejamento de projetos de ensino e aprendizagem de Química fundamentados teórica e metodologicamente. Específicos: Entender a importância da pesquisa na formação e na prática dos professores, explicando as limitações das ideias docentes de senso comum sobre o ensino e aprendizagem de Ciências, as características da pesquisa como princípio educativo e modelo didático e exemplificando as fontes de informação para o professor; Entender a importância do planejamento didático-pedagógico para a formação e a prática dos professores, interpretando sua função, suas características e componentes e sua relação com a escola; Aplicar os princípios teóricos da Taxonomia de Bloom revisada no planejamento didático-pedagógico, estabelecendo objetivos de aprendizagem para Sequências Didáticas de Química; Avaliar as principais Estratégias Didáticas propostas pelas pesquisas da área de Ensino, checando seus fundamentos teóricos e metodológicos, bem como suas potencialidades e limitações; Avaliar UDM propostas para o Ensino de Química, criticando a pertinência didático-pedagógica dos objetivos de aprendizagem definidos, do modo de articulação das estratégias e dos instrumentos de avaliação escolhidos; e checando os elementos característicos de unidades didáticas.			
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (Título e discriminação das unidades)			
- O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores - As fontes de informação para o professor - Estratégias didáticas para o ensino de Química - Características e importância do planejamento didático-pedagógico - Definição de objetivos de aprendizagem e a articulação de diversas Estratégias didáticas - Projetos de ensino e aprendizagem: os modelos baseados em Design			

¹⁹ O website foi omitido para fins de anonimização da instituição onde se realizou a pesquisa.

Fonte: Quadro adaptado do plano de ensino cedido pelo professor da disciplina.

Quadro 16. Plano de ensino da disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química.

UNIDADE UNIVERSITÁRIA: Instituição			
CURSO: Licenciatura em Química			
DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL: Química Geral e Inorgânica			
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA OU ESTÁGIO	SERIAÇÃO IDEAL	
QI26070	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Instrumentação para o Ensino de Química	10º Semestre	
TIPO	PRÉ-REQUISITOS	CO-REQUISITOS	
Obrigatória	Instrumentação para o Ensino de Química		
CRÉDITOS	CARGA HORÁRIA TOTAL	DISTRIBUIÇÃO DA CARGA HORÁRIA	
		TEÓRICA	PRÁTICA
6	90	15	75
OBJETIVOS (Ao término da disciplina o estudante será capaz de):			
Geral: Implementar e avaliar intervenções didático-pedagógicas de Química para o Ensino Médio, criticando fundamentadamente os resultados da intervenção Específicos: Criar Unidades Didáticas Multiestratégicas (UDM) de Química, articulando os fundamentos do planejamento didático-pedagógico e as principais estratégias didáticas estudadas; Aplicar as UDM elaboradas, desenvolvendo as atividades didáticas de acordo com o planejamento didático-pedagógico realizado; Analisar a qualidade da intervenção didático-pedagógica, organizando e examinando os registros coletados e os dados gerados na aplicação das UDM; Avaliar as potencialidades e as limitações da UDM e da intervenção didático-pedagógica realizada, propondo adequações/modificações necessárias a fim promover a aprendizagem de modo mais significativo.			
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (Título e discriminação das unidades)			
1. Registro das vivências do estágio: diários de Aula e gravações 2. Planos de Ensino e Planos de Aula; 3. A Prática de Ensino e o Estágio Supervisionado; 3. Mobilização de Ensino e o Estágio Supervisionado; 4. O papel da Pesquisa na Formação e na Prática dos Professores.			

Fonte: Quadro adaptado do plano de ensino cedido pelo professor da disciplina.

Os planos das disciplinas explicitam a relação entre as disciplinas e o estímulo constante para as reflexões acerca dos saberes docentes envolvidos na implementação de propostas alternativas e inovadoras para o Ensino de Química. Além disso, ressalta as limitações impostas pelo modelo da racionalidade técnica e apresenta atividades factíveis relacionadas ao planejamento e à prática docente.

Ressalta-se que a disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química oferece uma formação aos alunos com relação ao processo de elaboração da UDM. Já na segunda disciplina (PEECS), os alunos devem passar pelo processo de implementação da UDM, ou seja, planejamento, intervenção e replanejamento da UDM (**Figura 13**).

Bego (2016) destaca, ainda, que ambas as disciplinas se articulam às disciplinas Didática, Metodologia e Prática de Ensino de Química, cujo objetivo é reconhecer e comparar modelos de ensino e aprendizagem e metodologias de Ensino de Ciências.

As disciplinas fazem parte de uma proposta colaborativa que objetiva a superação da dicotomia entre teoria e prática e estimula transformações e correções de perspectivas nas ações dos licenciandos nessa ação formativa investigativa.

Esse contexto assegura a ocorrência desta pesquisa simultaneamente aos processos formativos cujos objetivos associam-se à formação de licenciandos crítico-reflexivos.

No ano de 2020, devido à pandemia do Coronavírus (SARS-Cov-2), a Instituição implementou, por meio da Portaria nº 35/2020, de 03/06/2020, o ensino remoto emergencial para os cursos de Química e de Engenharia Química. A pesquisadora e autora deste trabalho estava como docente responsável pela disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química daquele ano, em virtude de o professor formador responsável pela disciplina estar afastado das atividades na universidade em questão para atuar como professor visitante de uma universidade no exterior. A disciplina PEECS foi ministrada pelo professor responsável, que então já havia voltado às atividades na universidade. Porém, ainda foi necessário manter o ensino remoto.

Seguindo, então, as recomendações da referida portaria, as disciplinas precisaram passar por ajustes e adaptações de forma a se ajustarem no formato de aulas *online*, assíncronas e síncronas.

Para isso, foram enviados ao conselho de curso, os aditivos de plano de ensino remoto.

Neste novo plano, modificou-se, principalmente, a metodologia de ensino, como é possível observar abaixo no excerto retirado do plano de ensino enviado ao conselho de curso:

A disciplina Instrumentação para o Ensino de Química está pautada no princípio metodológico de ação-reflexão-ação, ou seja, durante o processo de construção de sua autonomia intelectual, os futuros professores devem, além de saber e de saber fazer, compreender e refletir sobre o que fazem, em um processo investigativo e dinâmico.

As aulas remotas estão divididas em assíncronas e síncronas. Serão privilegiadas as aulas assíncronas, mas aulas síncronas (em sessões de até 90 minutos) serão gravadas para permitir acesso aos alunos que eventualmente não conseguirem acessá-las. As aulas síncronas utilizarão como meio de interação o *Google Meet*. O ambiente virtual de aprendizagem para as interações assíncronas será o *Google Classroom* com a disponibilização dos materiais da disciplina via *Google Drive*.

Toda semana serão enviadas atividades que devem ser completadas até a data da próxima aula, assim a realização das atividades contará como presença nas semanas de atividades assíncronas.

Serão utilizadas as seguintes estratégias:

Aulas expositivas com atividades individuais e coletivas (síncronas);

Preparação e apresentação coletiva de aulas sobre estratégias para o ensino de química em ambiente virtual (síncronas);

Atividades problematizadoras com leitura, discussão e produção de textos acadêmico-científicos, pesquisas bibliográficas, estudos de caso e mapas conceituais (assíncronas);

Planejamento coletivo de uma Unidade Didática Multiestratégica (assíncrona) (EXCERTO DO PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE QUÍMICA).

Metodologia parecida foi proposta para a disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química:

As aulas remotas estão divididas em assíncronas e síncronas. Serão privilegiadas as aulas assíncronas, mas aulas síncronas serão gravadas para permitir acesso aos alunos que eventualmente não conseguirem acessá-las. As aulas síncronas e assíncronas utilizarão como meio de interação o *Google Meet*. Os materiais serão compartilhados via *Google Drive*. O ambiente virtual de aprendizagem utilizado será o *Google Classroom*.

Toda semana serão enviadas atividades que devem ser completadas até a data da próxima aula, assim a realização das atividades contará como presença nas semanas de atividades assíncronas.

Serão utilizadas as seguintes estratégias:

Planejamento de Unidades Didáticas Multiestratégicas individual ou em grupo;

Aplicação das UDM em turmas do Ensino Médio e filmagem (em ambiente virtual de aprendizagem);

Elaboração individual de diários de aula;

Produção coletiva de relatórios críticos e fundamentados sobre a aplicação das UDM;

Produção de trabalho no formato exigido em congressos acadêmico-científicos da área de ensino (EXCERTO DO PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO V).

Desse excerto é possível destacar que os professores de Química em formação inicial que passaram pelo percurso formativo da UDM, tiveram, neste ano em específico, que fazer adaptações nos estágios, em virtude de as aulas no Ensino Médio também estarem remotas. Assim, os estágios foram realizados da mesma forma.

O **Quadro 17** apresenta o cronograma proposto pelo professor formador, bem como o conjunto detalhado de atividades desenvolvidas ao longo do primeiro semestre.

Quadro 17. Cronograma da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química.

Data	Cronograma	Formato da aula
05/03/2020	Apresentação da disciplina: objetivos de aprendizagem, cronograma de atividades, referências bibliográficas e critérios de avaliação Modelos de racionalidade sobre o trabalho docente	Presencial
12/03/2020	Modelos de racionalidade sobre o trabalho docente O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores As fontes de informação para o professor	Presencial
09/07/2020	A importância do planejamento didático-pedagógico Conceito e características de Unidades Didáticas Multiestratégicas	Síncrona
16/09/2020	Análise científico-epistemológica	Assíncrona
23/07/2020	Análise didático-pedagógica	Síncrona
30/07/2020	Abordagem metodológica	Assíncrona
06/08/2020	Título, objetivos de aprendizagem <i>Sorteio das estratégias para as aulas</i>	Síncrona
13/08/2020	Estratégias didáticas e estratégias de avaliação	Assíncrona
20/08/2020	Seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação: jigsaw	Assíncrona e Síncrona
27/08/2020	Seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação: mapas conceituais	Assíncrona e Síncrona
03/09/2020	Seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação: TIC	Assíncrona e Síncrona
10/09/2020	Seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação: Debate	Assíncrona e Síncrona
17/09/2020	Seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação: Jogos	Assíncrona e Síncrona
24/09/2020	Seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação: Analogias e modelos	Assíncrona e Síncrona
01/10/2020	Análise das aulas Avaliação de UDM	Assíncrona
08/10/2020	Avaliação de UDM	Assíncrona
15/10/2020	Autoavaliação e avaliação da disciplina	Síncrona
22/10/2020	Recuperação Final (se houver)	Síncrona
29/10/2020	Divulgação das notas da Recuperação Final (se houver)	

Fonte: Quadro adaptado do cronograma das aulas cedido pelo professor da disciplina.

Como é possível notar no cronograma, o fechamento da disciplina se deu a partir da produção de documentos sobre a ação prático-reflexiva dos licenciandos. Os documentos produzidos englobam as avaliações de UDM (elaboradas por turmas de alunos dos anos interiores) e da disciplina, bem como de autoavaliação crítica acerca do próprio desempenho ao longo do semestre.

Finalizada a disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química, se iniciou, de forma articulada, a disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química. O **Quadro 18** apresenta as atividades do segundo semestre de 2020 (que ficaram atrasadas em virtude da paralização inicial por conta da pandemia já mencionada) para a disciplina supracitada. A disciplina de PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química teve início em 12/11/2020 e se encerrou 18/03/2021.

Quadro 18. Cronograma da disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química.

Data	Cronograma
12/11/2020	- Apresentação do aditivo do plano de ensino via Google Meet - Conceito e características de Unidades Didáticas Multiestratégicas (UDM) - Definição dos temas das UDM ²⁰ e horários de estágio
18/11/2020	Elaboração do CoRe inicial²¹
19/11/2020	Elaboração das UDM de Química Tarefa 1 - Contexto da intervenção didático-pedagógica * Estágios de observação
26/11/2020	Elaboração das UDM de Química Tarefa 2 - Análise científico-epistemológica
03/12/2020	Elaboração das UDM de Química Tarefa 3 - Análise didático-pedagógica
10/12/2020	Elaboração das UDM de Química Tarefa 4 - Abordagem metodológica
17/12/2020	Elaboração das UDM de Química Tarefa 5 - Seleção dos objetivos de aprendizagem
07/01/2021	Elaboração das UDM de Química Tarefa 6 - Seleção das estratégias didáticas (materiais e recursos) Tarefa 7 - Seleção das estratégias de avaliação (materiais e recursos)
14/01/2021	Elaboração das UDM de Química Revisão Final *Estágio de observação (conforme horários da escola)
21/01/2021	Realização de prévias

²⁰ Os temas foram sugeridos pelas professoras das escolas e instituições parceiras da universidade. Foram dadas opções aos licenciandos que, em virtude de horário dos estágios e temática, optaram por uma ou outra instituição para realizar os estágios.

²¹ Essa atividade, apesar de estar destacada no cronograma da disciplina, não era uma atividade obrigatória. Incluiu-se no cronograma para que os leitores tomassem nota da data de preenchimento do instrumento de pesquisa.

	*Estágio de observação (conforme horários da escola)
28/01/2021	Conceito e características dos diários de aula Instrumentos para registro e coleta de informações durante a aplicação da UDM *Estágio de observação (conforme horários da escola)
04/02/2021	Aplicação das UDM (conforme horários da escola) Análise dos registros e dados gerados na aplicação das UDM
11/02/2021	Aplicação das UDM (conforme horários da escola) Análise dos registros e dados gerados na aplicação das UDM
18/02/2021	Aplicação das UDM (conforme horários da escola) Análise dos registros e dados gerados na aplicação das UDM
25/02/2021	Reuniões de orientação para avaliação da aplicação das UDM Discussão sobre a aplicação das UDM
11/03/2021	Preparação do trabalho individual final Aula assíncrona (Google Classroom)
18/03/2021	- Autoavaliação e avaliação do Estágio Aula Síncrona com toda a sala reunida a partir das 19h
23/03/2021	Elaboração do CoRe final²²

Fonte: Quadro adaptado do cronograma das aulas cedido pelo professor da disciplina.

Os estágios foram oferecidos aos alunos devido à parceria que o professor formador tem com escolas e instituições de ensino da cidade. Foram dadas 2 opções de estágio: uma das opções era uma escola de ensino médio integrado ao técnico e a outra opção era uma escola técnica que oferecia o curso técnico em Química.

A disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química é ministrada de forma a integrar totalmente a formação teórica da disciplina de instrumentação com o seu respectivo estágio curricular supervisionado.

Essa disciplina se encerra com a produção de documentos relacionados à análise crítica e pesquisa da própria prática. Os documentos são elaborados no formato de um trabalho científico que poderá ser apresentado no Evento de Educação em Química (EVEQ²³).

²² Essa atividade, apesar de estar destacada no cronograma da disciplina, não era uma atividade obrigatória. Incluiu-se no cronograma para que os leitores tomassem nota da data de preenchimento do instrumento de pesquisa.

²³ O EVEQ é um evento realizado anualmente por docentes e estudantes do IQ-CAR e da Faculdade de Ciências e Letras da Unesp de Araraquara. Seu objetivo principal é se consolidar como espaço que reúne pesquisadores da área de Educação e de Ensino, estudantes de pós-graduação, estudantes de graduação e professores do Ensino Superior e da Educação Básica com a finalidade de discutir pesquisas acadêmico-científicas e experiências didático-pedagógicas no âmbito do Ensino de Ciências/Química.

O acompanhamento de ambas as disciplinas ocorreu concomitantemente com a geração de dados desta pesquisa. Em termos do levantamento de dados, foram coletadas informações acerca do PCK inicial dos licenciandos, bem como o seu desenvolvimento durante a implementação da UDM.

Objetivou-se com o processo de implementação da UDM gerar constantes estados crítico-reflexivos nos licenciandos e estimulá-los ao desenvolvimento do PCK. Isso porque o delineamento do processo de implementação de uma UDM se dá dentro de uma perspectiva de valorização de conteúdos teóricos e metodológicos para a articulação de atividades didático-pedagógicas por parte dos licenciandos.

Finalmente, acredita-se que as disciplinas Instrumentação para o Ensino de Química e PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química apontam-se como importante espaço de pesquisa, pois promovem reflexões críticas relativas ao planejamento didático-pedagógico e à prática profissional docente.

A **Figura 20** reúne todas as ações metodológicas realizadas em relação ao contexto de pesquisa, bem como as ações tomadas nessas dimensões, tendo por objetivo a análise em perspectiva da formação do *corpus* de dados desta pesquisa.

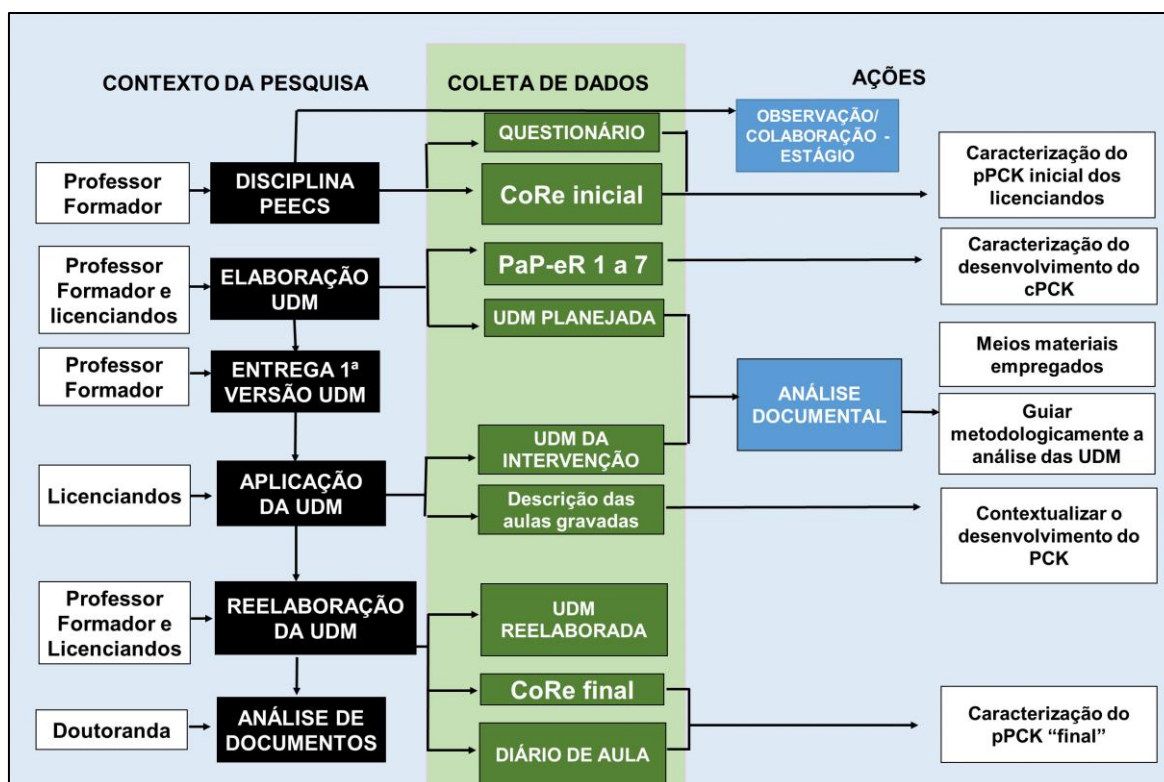


Figura 20. Análise em perspectiva do contexto, dos instrumentos para coleta de dados e das ações do pesquisador.

Fonte: Dados da pesquisa.

Mais detalhes sobre a natureza de pesquisa são explicitados na próxima seção.

4.3 Natureza da pesquisa

4.3.1 A escolha pela abordagem de pesquisa qualitativa

Como foi discutido na seção anterior, esta pesquisa se desenvolveu no contexto de duas disciplinas do 5º ano do curso de licenciatura em Química, mais especificamente, nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Química e PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química. Na primeira disciplina, os alunos receberam a formação sobre a elaboração do planejamento de ensino em forma de uma UDM. Já na disciplina de estágio, os alunos realizaram a implementação da UDM, ou seja, o planejamento de uma UDM, a intervenção didático-pedagógica nas escolas parceiras da instituição de ensino superior e, em seguida, por meio de processos de reflexão, o replanejamento da UDM.

Para a realização da pesquisa no contexto mencionado, faz-se necessário optar por uma abordagem de pesquisa. As pesquisas podem ser classificadas em quantitativas, qualitativas ou mistas. Essa classificação é usada para identificar as abordagens, métodos e fundamentos teóricos.

A pesquisa qualitativa evita hipóteses e operacionalização, não estando interessada nem na padronização da situação, nem em reproduzir a representatividade por amostragem aleatória dos participantes (FLICK, 2013). Pesquisadores qualitativos escolhem os participantes de forma proposital e integram os casos segundo sua relevância.

Nesse tipo de pesquisa, a coleta de dados é realizada de maneira muito mais aberta e as questões de interesse podem ser abertas também, cabendo aos participantes responder a essas questões de forma espontânea e com suas próprias palavras (FLICK, 2013).

Assim, o pesquisador qualitativo “[...] procura um entendimento interpretativo de uma realidade socialmente construída na qual ele está imerso” (MOREIRA, 2011, p. 58).

Flick (2013) traça um paralelo entre pesquisas qualitativas e quantitativas e apresenta, de forma resumida, no **Quadro 19**, uma síntese que diferencia as duas abordagens.

Quadro 19. Síntese das diferenças entre a pesquisa qualitativa e quantitativa.

	Pesquisa quantitativa	Pesquisa qualitativa
Teoria	Como um ponto de partida a ser testado	Como um ponto final a ser desenvolvido
Seleção do caso	Orientada para a representatividade (estatística), amostragem idealmente aleatória	Intencional de acordo com a fecundidade teórica do caso
Coleta de dados	Padronizada	Aberta
Análise dos dados	Estatística	Interpretativa
Generalização	Em um sentido estatístico para a população	Em um sentido teórico

Fonte: Flick (2013, p. 24).

Segundo Lüdke e André (1986), a vantagem de se utilizar estudos qualitativos no campo educacional em relação aos estudos quantitativos, é de que os estudos qualitativos não reduzem a complexidade dos fenômenos envolvidos em esquemas simplificadores de análise. Além disso, as autoras destacam que as pesquisas qualitativas têm a capacidade de compreender que

o fenômeno natural é resultado de um contexto social, inserido em uma realidade histórica.

Além disso, para Flick (2013), a principal vantagem da utilização da pesquisa qualitativa é que ela possibilita um estudo mais detalhado e fiel dos casos em seu contexto, permitindo que os participantes definam o que é mais importante. Por outro lado, o autor destaca que a coleta e análise de dados na pesquisa qualitativa podem demorar, o que acaba se tornando uma desvantagem desse tipo de abordagem.

Yin (2016) destaca 5 características da pesquisa qualitativa: i) envolve o estudo do significado da vida das pessoas, nas condições reais e com o mínimo de interferência dos procedimentos de pesquisa; ii) representa opiniões e perspectivas dos participantes da pesquisa; iii) abrange, de maneira ampla, as condições contextuais das vidas dos participantes: condições sociais, institucionais e ambientais; iv) explica os acontecimentos por meio de conceitos já existentes ou emergentes da pesquisa; v) faz uso de múltiplas fontes de evidências, dada a complexidade de se estudar um fenômeno.

Em resumo, portanto, pode-se dizer que dentro de uma abordagem de pesquisa qualitativa oportuniza-se uma visão global dos componentes em estudo, desde as ações de coleta de dados até a definição das técnicas de análise de dados (FLICK, 2009).

Apresentadas as características e diferenças entre uma e outra abordagem, pode-se, agora, sustentar a opção, neste trabalho, pela abordagem qualitativa. A pesquisa visou investigar como se dá o desenvolvimento do PCK em professores de Química em formação inicial no processo de implementação de uma UDM dentro do contexto de formação real, sem a preocupação de isolar o fenômeno de interesse do contexto em que se está inserido: contexto social, político, cultural e econômico. Outra característica que aproxima este trabalho da perspectiva qualitativa é a ausência, *a priori*, do controle de variáveis experimentais e a necessidade de buscar por explicações e teorizações, a partir das variadas fontes de evidências, que permitam entender como ocorre o desenvolvimento do PCK de licenciandos no processo de implementação de uma UDM.

Dentro da abordagem qualitativa, pode-se optar por diferentes desenhos de pesquisa, entre os quais estão: a pesquisa etnográfica, a pesquisa

participante, a pesquisa observacional, o estudo de caso, a pesquisa fenomenológica construtivista, a pesquisa interpretativa, a pesquisa antropológica cognitiva, entre outras (MOREIRA, 2011).

Na próxima seção, são apresentadas as justificativas pela escolha do desenho de pesquisa estudo de caso.

4.3.2 O estudo de caso como desenho de pesquisa

Nesta seção, pretende-se expor a fundamentação teórico-metodológica que conduz as opções de análise da pesquisa. Optou-se pelo uso da metodologia ancorada na abordagem qualitativa de pesquisa do tipo estudo de caso.

Yin (2001) propõe que ao escolher um desenho de pesquisa, deve pensar em 3 condições: I) tipo de questão de pesquisa proposta; II) extensão de controle que o pesquisador tem sobre eventos comportamentais e; III) no nível de enfoque dos acontecimentos históricos em oposição aos acontecimentos contemporâneos. Assim, para orientar a escolha, o autor apresenta um quadro resumo (**Quadro 20**) de como essas condições se relacionam a cada desenho de pesquisa.

Quadro 20. Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa.

Estratégia	Forma da questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais?	Focaliza acontecimentos contemporâneos
Experimento	Como, por que	Sim	Sim
Levantamento	Quem, o que, onde, quanto(s)	Não	Sim
Análise de arquivos	Quem, o que, onde, quanto(s)	Não	Sim/não
Pesquisa histórica	Como, por que	Não	Não
Estudo de caso	Como, por que	Não	Sim

Fonte: Yin (2001, p.24).

O autor ainda esclarece que:

Para resumir, a primeira e mais importante condição para se diferenciar as várias estratégias de pesquisa é identificar nela o tipo de questão que está sendo apresentada. Em geral, questões do tipo "o que" podem ser tanto exploratórias (em que se poderia utilizar qualquer uma das estratégias) ou sobre predominância de algum tipo de dado [em que se valorizaria levantamentos ou análises de registros em arquivo]. É provável que questões "como" e "por que" estimulassem o uso de

estudos de caso, experimentos ou pesquisas históricas (YIN, 2001, p. 26).

Assim, considerando a questão de pesquisa proposta para este trabalho (*Como se dá o desenvolvimento do PCK em professores de Química em formação inicial no processo de implementação de uma UDM?*) e diante do contexto em que a pesquisa se insere, o desenho de pesquisa que mais se adequa é o estudo de caso.

Yin (2016) define o estudo de caso como um estudo de um determinado caso ou conjunto de casos, que descreve ou explica o(s) evento(s) do(s) caso(s).

Para Flick (2009), o desenho de pesquisa é um modo de o pesquisador planejar sua atividade laboral e garantir a qualidade de seus resultados. Ainda, segundo o autor, um bom desenho de pesquisa tem um foco claro e é construído em torno de uma questão de pesquisa clara, refletindo as metas da generalização e os públicos do estudo.

Flick (2009) ressalta que há duas distinções básicas entre os tipos de desenho de pesquisa qualitativa (**Figura 21**). Uma distinção se dá entre os estudos transversais e longitudinais. Essa distinção se baseia no número de contatos empíricos com o campo. No estudo transversal, as comparações de um número de casos são feitas em uma ocasião. Já, no estudo longitudinal se volta a campo duas ou mais vezes e se coleta os mesmos dados para verificar as mudanças e evoluções no campo e na questão em estudo. A outra distinção se baseia entre estudos comparativos e estudos de caso. Nos estudos de caso, a questão relevante é como definir o caso e seus limites. Já em estudos comparativos, as questões mais relevantes são definir a dimensão da comparação e como levar em consideração o contexto dos casos no estudo.

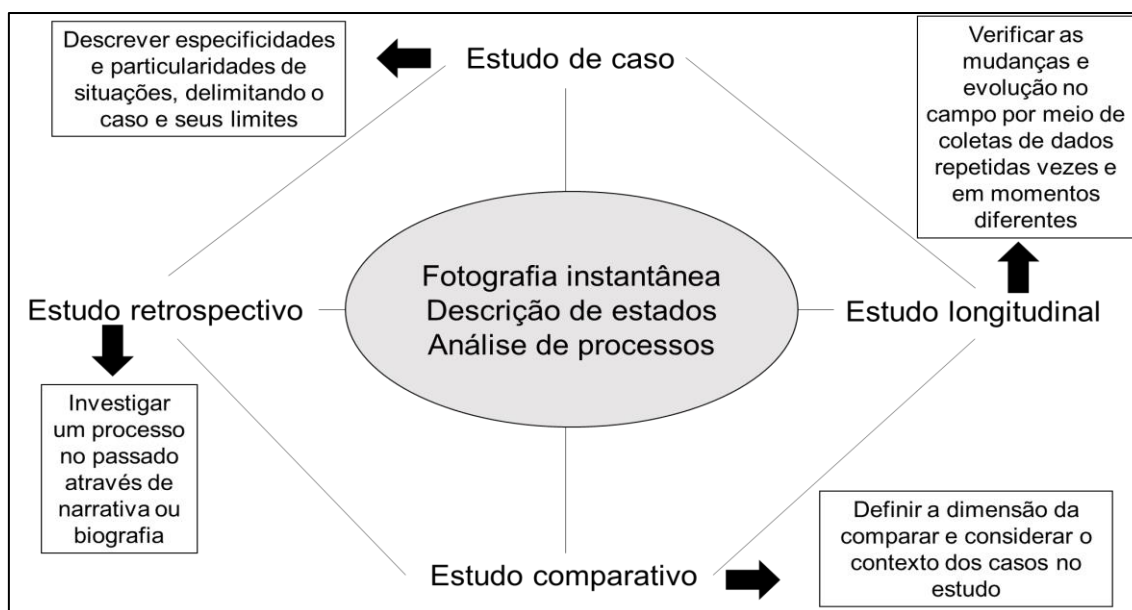


Figura 21. Desenhos básicos em pesquisa qualitativa.

Fonte: Adaptado de Flick (2009, p. 68).

Para Moreira (2009), o estudo de caso se insere em uma tradição holística de pesquisa em que as características de uma parte são determinadas pelo todo ao qual pertence. Trata-se de uma visão sistêmica que pressupõe que os elementos de um evento são interdependentes e inseparáveis e uma alteração em um elemento implica uma mudança no resto.

Nesse sentido, também, Lüdke e André (1986) afirmam que no estudo de caso, o objeto de estudo é único, historicamente situado, isto é, uma representação singular de uma realidade multidimensional e situada historicamente, permitindo ao pesquisador gerar inferências válidas por meio de generalizações analíticas.

Os princípios básicos de um estudo de caso são: I) considerar o contexto do objeto de análise; II) levar em conta a multiplicidade de dimensões expostas em um problema; III) usar numerosas fontes de informação coletadas em momentos de pesquisa diferentes; IV) permitir generalizações de tal forma que situações análogas podem ser representadas pela situação analisada; V) envolver a criação de um banco de dados produzidos a partir de transcrições, notas de campo, grupos focais, documentos e gravações de áudio e vídeo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Nessa perspectiva, a utilização do estudo de caso neste trabalho se fundamenta na possibilidade singular de estudar um recorte, da formação inicial

de professores de Química em relação ao desenvolvimento do PCK, durante o planejamento, intervenção e replanejamento de uma UDM.

Esta pesquisa é reconhecidamente um estudo de caso, pois abarca um estudo em profundidade acerca do processo de implementação de UDM e apresenta uma proposta de investigação válida, tendo como preocupação central compreender de forma holística e aprofundada um contexto formativo singular e historicamente situado.

Por fim, cabe ressaltar que os participantes convidados para esta pesquisa foram informados sobre os procedimentos, riscos, desconfortos, benefícios e direitos envolvidos. Para isso, a pesquisadora apresentou aos envolvidos o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (**Apêndice A**). O projeto de pesquisa deste trabalho e o TCLE foram enviados ao comitê de ética em pesquisa através da Plataforma Brasil e foi aprovado sob o número 3.634.515.

Na próxima seção são discutidas as fontes de informação que foram adotadas nesta pesquisa.

4. 4 Fontes de informação

Como discutido na seção anterior, a pesquisa com abordagem qualitativa e desenho do tipo estudo de caso se caracterizam por envolver grande volume de dados de diferentes fontes.

De acordo com Yin (2001), os estudos de caso não devem ficar limitados a uma única fonte de evidências e, que na verdade, grande parte dos estudos baseia-se em uma ampla variedade de fontes. Segundo o autor, a vantagem disso é o desenvolvimento de linhas convergentes de investigação, que permitem a triangulação analítica dos dados coletados.

Yin (2001) advoga:

Assim, qualquer descoberta ou conclusão em um estudo de caso provavelmente será muito mais convincente e acurada se se basear em várias fontes distintas de informação, obedecendo a um estilo corroborativo de pesquisa (YIN, 2001, p. 121).

Há, ainda, a necessidade de se criar em estudos de caso um banco de dados e manter um encadeamento de evidências, de tal maneira que outros

pesquisadores possam revisar as evidências diretamente. Isso, segundo Yin (2001), aumenta a confiabilidade do estudo.

A **Figura 22** apresenta uma possível convergência para a utilização de diferentes fontes de evidência.

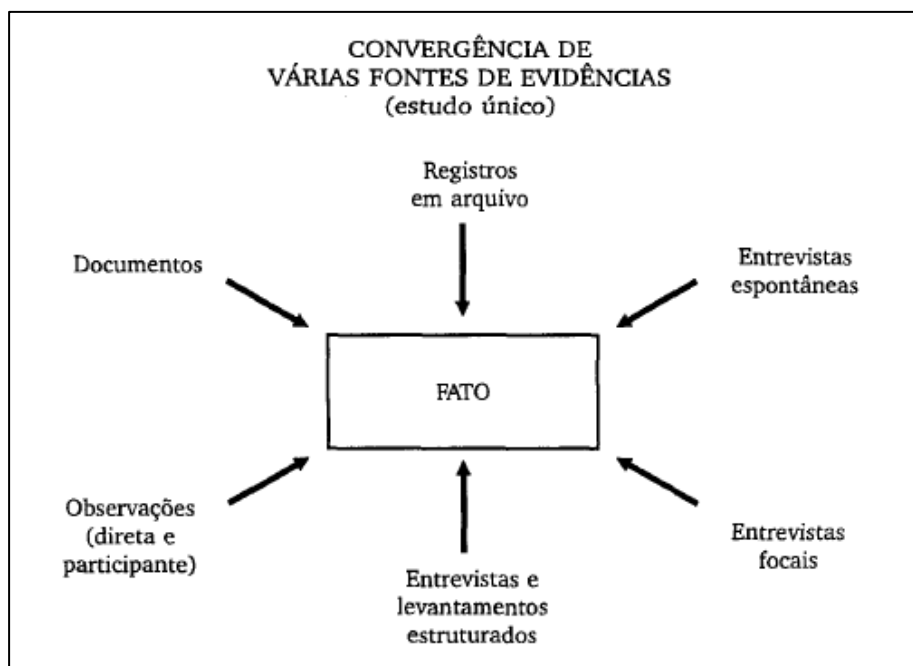


Figura 22. Convergência de várias fontes de evidências.

Fonte: Yin (2001, p. 122).

Considerando a importância de se utilizar fontes distintas de informação e seguindo o procedimento que vem sendo adotado pela RIPEQ nos últimos anos (BEGO, 2017; FERRARINI, 2020; MORALLES, 2021) foram utilizados como instrumentos de pesquisa: questionário de caracterização inicial dos participantes, duas versões do CoRe, o diário de aula e as versões da UDM. As gravações e observação das reuniões de orientação geraram os PAPeRs. Assim, pode-se classificar as fontes de informação em documentos, sujeitos e espaços:

- I) Os participantes da pesquisa foram licenciandos do curso de Licenciatura em Química de uma universidade do interior do estado de São Paulo, que estavam cursando o 5º ano do curso no ano de 2020;
- II) Os documentos coletados foram: o CoRe inicial e final, as duas versões da UDM: inicial e a versão da intervenção e o diário de aula entregue pelo grupo de estágio. Além disso, no início do ano letivo,

foi pedido aos licenciandos que respondessem um questionário a fim de caracterizar e construir um perfil da turma;

- III) Os espaços utilizados foram, inicialmente, as salas de aula da instituição de ensino que cedia o curso de Licenciatura em Química e, durante os meses de pandemia, os ambientes virtuais como o *google meet* e *classroom*.

Nas próximas seções são detalhadas as fontes de informações utilizadas nesta pesquisa.

4.4.1 Participantes

A disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química contou com 29 alunos matriculados, porém desses licenciandos, 3 não se matricularam no ano de 2020 na disciplina de PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química. Isso porque nem todos precisam optar por cumprir a seriação curricular ideal recomendada pelo curso.

Os alunos foram orientados no primeiro dia da disciplina de PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química a responderem um questionário (**Anexo B**) de caracterização (sexo, grau de instrução dos pais, renda familiar, formação básica e vínculo empregatício). Essas informações são importantes por se referirem à identificação das representações sociais e os perfis dos indivíduos que cursaram a disciplina. O questionário objetivou ainda coletar dados referentes à integralização curricular, uma vez que as diferentes experiências e vivências dos sujeitos podem justificar a qualidade das reflexões geradas e no processo formativo, de forma geral.

No entanto, por não ser um item obrigatório, nem todos os alunos o fizeram, totalizando um total de 12 respostas ao formulário, apenas.

Na disciplina de PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química, se matricularam 30 licenciandos, dos quais 26 cursaram a disciplina de Instrumentação no ano de 2020. Esses alunos seguiram a seriação curricular ideal recomendada²⁴.

²⁴ Considera-se o percurso adequado cursar as duas disciplinas de forma consecutiva, ou seja, Instrumentação para o Ensino de Química no 1º semestre e Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado no 2º semestre do mesmo ano, considerando as discussões feitas no 1º semestre ainda estarem recentes para os alunos.

Por fim, a caracterização dos participantes se fez necessária, uma vez que possíveis condicionantes podem influenciar na atuação prática no âmbito das atividades de estágio, entre os quais: integração curricular, experiências extracurriculares e disponibilidade de tempos.

Na **Figura 23** consta um gráfico elaborado a partir das respostas dos licenciandos com relação ao sexo dos licenciandos.

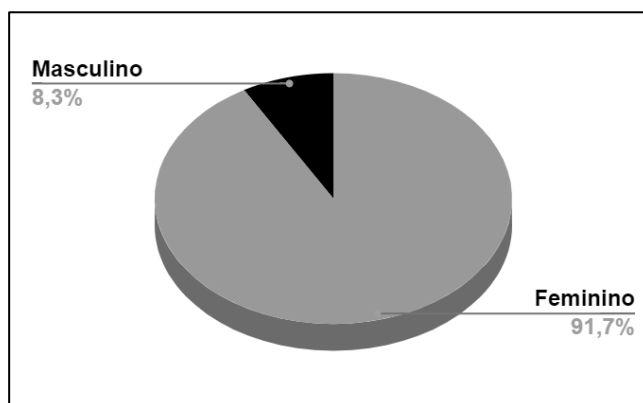


Figura 23. Sexo dos licenciandos que responderam ao questionário.

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da **Figura 28** percebe-se a predominância do sexo feminino. Esse perfil não representa, necessariamente, a turma de licenciandos do último ano de Química da instituição, pois alguns alunos optaram por não responder ao formulário. Porém, representa o perfil dos possíveis sujeitos desta pesquisa.

As mulheres são maioria no ensino superior brasileiro, de acordo com o censo da Educação Superior do Inep. Nos cursos de licenciatura de instituições públicas, esse dado também se repete, correspondendo a cerca de 51% dos alunos matriculados (INSTITUTO SEMESP).

Com relação às idades dos licenciandos, tem-se que 100% dos alunos da turma que respondeu o questionário tinha mais de 20 anos, variando entre 22 anos (25%), 23 (16,7%), 24 (25%) e mais de 24 anos (33,3%). A **Figura 24** resume esses dados da faixa etária dos licenciandos.

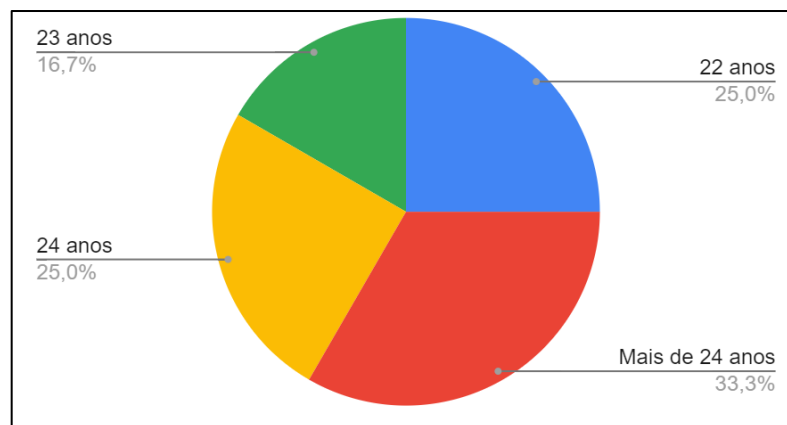


Figura 24. Percentual da idade dos licenciandos na turma participante da pesquisa.

Fonte: Dados da pesquisa.

A turma, em sua maioria, se autodeclarou branca (91,7%) e a minoria, cerca de 8,3%, se autodeclarou pardo ou mulato. Na **Figura 25** é possível ver o gráfico que apresenta esses dados. Os dados são representativos do ensino superior brasileiro que, ainda é majoritariamente composto por estudantes da cor branca. Em 2018, apenas 11,4% dos matriculados em instituições superiores da rede pública se autodeclararam pretos e 36,9% se autodeclararam pardos. Enquanto, que 48,8% disseram se considerar brancos (INSTITUTO SEMESP, 2020).

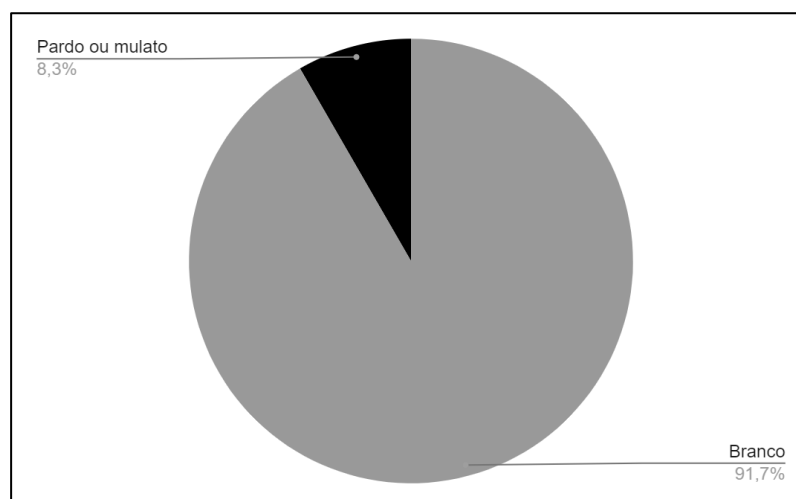


Figura 25. Classificação da turma com relação à cor autodeclarada.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à procedência dos licenciandos, tem-se que a maioria sempre estudou em escola pública (41,7%). Há também um percentual de alunos que

iniciou em escola pública e mudou para escola particular (33,3%) e a minoria oriunda de escola particular (25%), como é possível observar na **Figura 26**.

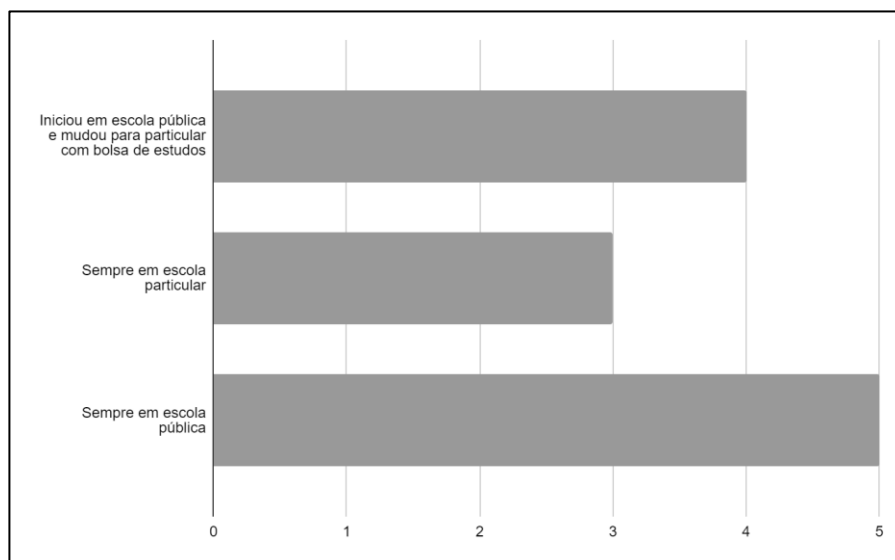


Figura 26. Procedência dos licenciandos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Esses dados corroboram os dados divulgados pelo mapa do ensino superior brasileiro, que constatou que 60,1% dos matriculados em cursos de instituições públicas são oriundos do ensino médio público também (INSTITUTO SEMESP, 2020).

No tocante à renda familiar, a maioria dos licenciandos que respondeu a pesquisa (41,7%) possuía renda familiar de R\$ 5225,00 a R\$10345,00. Cerca de 33, 3% tinham renda na faixa de R\$ 2090,00 a R\$ 5120,50. 1 licencianda possuía renda familiar menor, na faixa de até R\$ 1985,00 e outras duas disseram possuir renda familiar na faixa de R\$ 10450, 00 a R\$ 15570,50.

Do ponto de vista da integração curricular, 100% dos licenciandos já haviam cursado as seguintes disciplinas: Psicologia da educação; História e Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências; Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica; Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química; Didática das Ciências ou Didática Geral. As outras duas disciplinas, Metodologias para o Ensino de Ciências ou Metodologia e Prática de Ensino de Química (11 dos 12 licenciandos) e Instrumentação para o Ensino de Química (9 dos 12 licenciandos) não haviam sido cursadas por todos os licenciandos, como já foi especificado.

Em síntese, os alunos das disciplinas Instrumentação para o Ensino de Química e Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Instrumentação para o Ensino de Química, do último ano do curso de licenciatura em Química, compreendiam uma população feminina, que trabalhavam e/ou realizavam iniciação científica, originários de famílias com renda mensal de R\$ 5225,00 a R\$10345,00 e com escolarização integralmente na rede pública e/ou parcial, mas com bolsa de estudos.

Para a consecução dos objetivos de aprendizagem das duas disciplinas, os alunos foram divididos em 9 grupos de 3 alunos cada. Porém, apenas um grupo de trabalho foi selecionado para compor os participantes desta pesquisa.

A escolha desse grupo em detrimento dos demais se deu em função de alguns fatores: I) as 3 integrantes percorreram o percurso formativo das duas disciplinas no mesmo ano; II) alto entrosamento das integrantes do grupo para a realização das atividades das disciplinas; III) são representativas da turma, por terem características próximas daquelas que definem a turma como um todo, por exemplo, são do sexo feminino, com mais de 20 anos, que trabalhavam e/ou realizavam iniciação (2 das 3 integrantes), oriundas de escola pública e/ou com bolsa de estudos na escola particular (2 das 3 integrantes); IV) possuíam disponibilidade para realizar as atividades extras que eram de exclusividade da pesquisa, como o preenchimento do CoRe, por exemplo; V) foi o único grupo em que todas as integrantes responderam ao formulário.

As participantes desta pesquisa foram anonimizadas e identificadas pelos seguintes nomes: Pamela, Julie e Shirley. Esses nomes foram escolhidos em alusão a três importantes pesquisadoras da temática do PCK. São elas: Pamela Grossman, Julie Gess-Newsome e Shirley Magnusson.

A **Tabela 1** resume os dados de pesquisa encontrados a partir do questionário respondido pelos participantes da pesquisa.

Tabela 1. Categorias temáticas, justificativas, extratos representativos das respostas coletadas e ocorrências dos temas relativos à finalidade do planejamento do ensino.

Característica	Perfil do aluno	Sujeitos
Gênero	Feminino	Pamela, Julie e Shirley
Idade	Mais de 20 anos	Pamela, Julie e Shirley
Cor da pele	Branco	Pamela e Shirley
	Pardo ou mulato	Julie

Característica	Perfil do aluno	Sujeitos
Estabelecimento de Ensino	Iniciou em escola pública e mudou para particular com bolsa	Julie e Shirley
	Sempre em escola particular	Pamela
Estudo Língua Inglesa	Apenas no Ensino Médio	Julie e Shirley
	No ensino médio e também em cursos de línguas particulares	Pamela
Cursinho	Sim	Pamela e Shirley
	Não	Julie
Grau de escolaridade do pai	Não frequentou escola	Julie
	Ensino Médio Completo	Pamela
	Ensino Superior Completo	Shirley
Grau de escolaridade da mãe	Ensino Médio Completo	Julie e Pamela
	Ensino Superior Incompleto	Shirley
Profissão do pai ou responsável	Não exerce atividade remunerada	Julie
	Proprietário ou administrador de pequeno negócio	Pamela e Shirley
Profissão da mãe ou responsável	Profissional liberal, professora ou técnica de nível superior	Julie
	Não exerce atividade remunerada	Pamela
	Técnica de nível médio	Shirley
Localização da residência familiar	Interior de outro estado	Julie
	Interior do estado de São Paulo	Pamela
	No litoral do estado de São Paulo	Shirley
Tipo de Residência	Cedida	Julie
	Própria	Pamela e Shirley
Exerce atividade remunerada	Trabalho eventual	Julie
	Bolsista de iniciação científica	Pamela
	Não exerce atividade remunerada	Shirley
Faixa de Renda Familiar	Até 1,9 SM ou até R\$1.985,50	Julie
	De 5 a 9,9 SM ou R\$ 5.225,00 a R\$10.345, 00	Pamela e Shirley
Quantas pessoas vivem da renda familiar	2	Julie
	3	Pamela
	4	Shirley
Participação econômica	Trabalho ou bolsista e recebe ajuda financeira da família	Julie e Pamela
	Não trabalha e as contas são pagas pela família	Shirley
Integralização dos créditos em disciplinas didático-pedagógicas	1 ou mais disciplinas faltantes	Julie
	Integralizou os créditos	Pamela e Shirley

Fonte: Dados da pesquisa.

Na próxima seção são apresentados os documentos que foram analisados a fim de complementar as informações oriundas de outras técnicas, como Yin (2001) sugere no desenvolvimento de estudos de caso.

4.4. 2 Documentos

Como já mencionado, esta pesquisa se insere no âmbito das disciplinas Instrumentação para o Ensino de Química e PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química. A primeira disciplina é oferecida no primeiro semestre e intenta realizar discussões teóricas a fim de criticar as ideias de senso comum e de compreender as características e a importância do planejamento docente. Bego (2016, p. 68) destaca que a segunda disciplina tem como objetivo geral “Implementar e avaliar intervenções didático-pedagógicas de Química para o ensino médio, criticando fundamentadamente os resultados da intervenção”.

Com a intenção de alcançar esse objetivo, ao longo da etapa de planejamento da UDM, o professor formador realizou encontros remotos, por meio da plataforma *google meet*, com os licenciandos a fim de orientá-los quanto ao andamento e cumprimento das etapas (**Figura 20**) para a finalização da UDM. Concomitantemente a esses encontros foram empreendidas coletas de dados por meio dos PaPeR (elaborados pela pesquisadora), cujos objetivos eram de caracterizar o PCK ao longo do processo de planejamento didático-pedagógico.

A etapa de intervenção das UDM elaboradas não foi realizada de forma presencial, em virtude da pandemia da Covid-19 e, portanto, foram necessárias adaptações no planejamento da intervenção da UDM elaboradora. As intervenções ocorreram de forma que as licenciandas gravassem videoaulas e, após, participassem de plantões de dúvidas com os alunos.

Ao final da disciplina foi proposto às licenciandas a entrega de um diário de aula, a partir de uma reflexão crítica das ações adotadas pelo grupo e de um trabalho no modelo de trabalho de congresso da área de ensino, além de uma avaliação e autoavaliação da disciplina.

Na próxima seção são apresentados os espaços adotados como fontes de informações desta pesquisa.

4.4.3 Espaços

O espaço adotado como fonte de informação foi o *Google Meet* (para a realização das reuniões de orientação), e como ambiente virtual de aprendizagem (AVA) utilizou-se o *Google Classroom*, para compartilhamento de

materiais e ou outras informações relevantes para as aulas da disciplina de PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química.



Figura 27. Ambiente Virtual de Aprendizagem usado na disciplina PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química.

Fonte: Print screens da tela do AVA Google Classroom.

Como já mencionado, para a realização dos estágios havia algumas possibilidades de parcerias realizadas pelo professor formador. Entre as opções havia: 8 turmas no colégio que oferecia o ensino médio integrado ao técnico e 1 turma no colégio que ofertava o técnico em Química. A escolha da instituição e turma ficou a cargo dos licenciandos, que deveriam considerar seus compromissos e os horários das aulas, mesmo que de forma remota. Após a escolha das escolas, os licenciandos foram incluídos nos ambientes de aprendizagem, participaram de algumas aulas com as professoras das turmas e fizeram um levantamento da estrutura das instituições, a fim de conseguirem completar a primeira tarefa da elaboração da UDM: a caracterização do contexto de intervenção.

As participantes desta pesquisa optaram por realizar o estágio na escola que oferecia o ensino médio integrado ao técnico em uma turma da 2ª série do Ensino Médio integrado com o Técnico de Informática.

Na próxima seção são apresentados os instrumentos de pesquisa para obtenção de informações acerca do objeto de pesquisa.

4.5 Instrumentos de pesquisa para coleta de informações

Um dos preceitos para a coleta de informações é que haja uma interação objetiva entre o pesquisador-pesquisado e que, conseqüentemente, o pesquisador aprenda a natureza, as características e os conceitos do

instrumento selecionado, tendo em vista as relações desses elementos com a própria qualidade dos dados a serem levantados.

Na última década, tem-se investigado o PCK de professores em todos os níveis de escolaridade e períodos de carreira em muitos países ao redor do mundo. Na revisão realizada por Chan e Hume (2019), observou-se que em mais de 30 estudos a investigação envolveu o PCK de professores de Ciências no contexto da formação inicial. Esses estudos, geralmente, forneceram o PCK instantâneo (PCK durante o ensino) dos professores, medido usando o mesmo instrumento antes e depois de um determinado período.

Nessa mesma linha, Goes (2014) aponta que, nos últimos anos, têm crescido o número de estudos envolvendo a temática do PCK, especialmente no Ensino de Ciências. A autora ressalta, ainda, que acessar o PCK de professores é uma missão complexa, uma vez que exige a identificação de conhecimentos implícitos que são manifestados durante a prática de ensino. Loughran, Mulhall e Berry (2004) destacam que, algumas vezes, é necessário um período longo para que seja possível acessar o PCK de um professor. Nesse sentido, observa-se que os autores fazem uso de variadas fontes de dados para a caracterização e investigação do PCK dos professores (ALVES; BEGO; ZULIANI, 2019; CHAN; HUME, 2019).

Chan e Hume (2019), a fim de analisar como os pesquisadores investigam e determinam o PCK, identificaram os diferentes tipos de fontes de dados usadas em 99 trabalhos analisados. Cerca de 37,4% dos estudos usaram apenas uma fonte de dados, enquanto 43,3% utilizaram mais de três fontes de dados para investigar o PCK dos professores. Os autores identificaram 4 diferentes categorias de fontes de dados: I) questionários escritos, pesquisas e testes (participantes fornecem respostas escritas para um conjunto de testes elaborados pelos pesquisadores); II) entrevistas (participantes fornecem respostas orais, que podem ser gravadas em vídeo ou áudio para posterior transcrição); III) artefatos de tarefas de ensino (planejamentos, apostilas, trabalhos dos alunos e reflexões escritas pelo professor, por exemplo); IV) observações das aulas (as aulas dos professores participantes são observadas ou gravadas para posterior transcrição).

Segundo os autores, é possível ainda identificar duas diferentes abordagens para determinar o PCK: os autorrelatos (considerados menos

autênticos e mais distantes dos contextos de ensino da vida real) e o desempenho em tarefas de ensino. Essas duas abordagens permitem que as diferentes formas de conhecimento sejam identificadas. Shavelson, Ruiz-Primo e Wiley (2005) distinguem 4 tipos de conhecimento: I) conhecimento declarativo, que é o conhecimento factual ou conceitual, relacionado ao “saber o que” (por exemplo, força é igual à massa vezes a aceleração); II) conhecimento processual, que é o conhecimento relacionado ao “saber como” (por exemplo, saber como medir a densidade de um objeto); III) conhecimento esquemático relacionado ao “saber por quê” (por exemplo, saber por que existe as mudanças de estação); IV) conhecimento estratégico, relacionado ao conhecimento de quando, onde e como se aplica o conhecimento (por exemplo, saber quando aplicar a primeira Lei de Newton).

Assim, baseando-se nesses 4 tipos de conhecimento, Chan e Hume (2019) relacionaram as duas abordagens (autorrelatos e desempenho em tarefas de ensino) aos tipos de PCK que podem ser identificados nos estudos. Segundo os autores, o PCK de um professor determinado por meio da abordagem 1 pode não ser o mesmo identificado por meio da abordagem 2. Nesse sentido, parece claro aos autores que estudos que envolveram um único teste ou uma única entrevista para determinar o PCK mede apenas parte do PCK, não existindo garantia de que o conhecimento representado nesses testes e entrevistas serão aplicados às tarefas de ensino ou acessados na prática da sala de aula. A **Figura 28** explicita as relações entre as abordagens para determinar o PCK e o tipo de conhecimento que pode ser revelado.

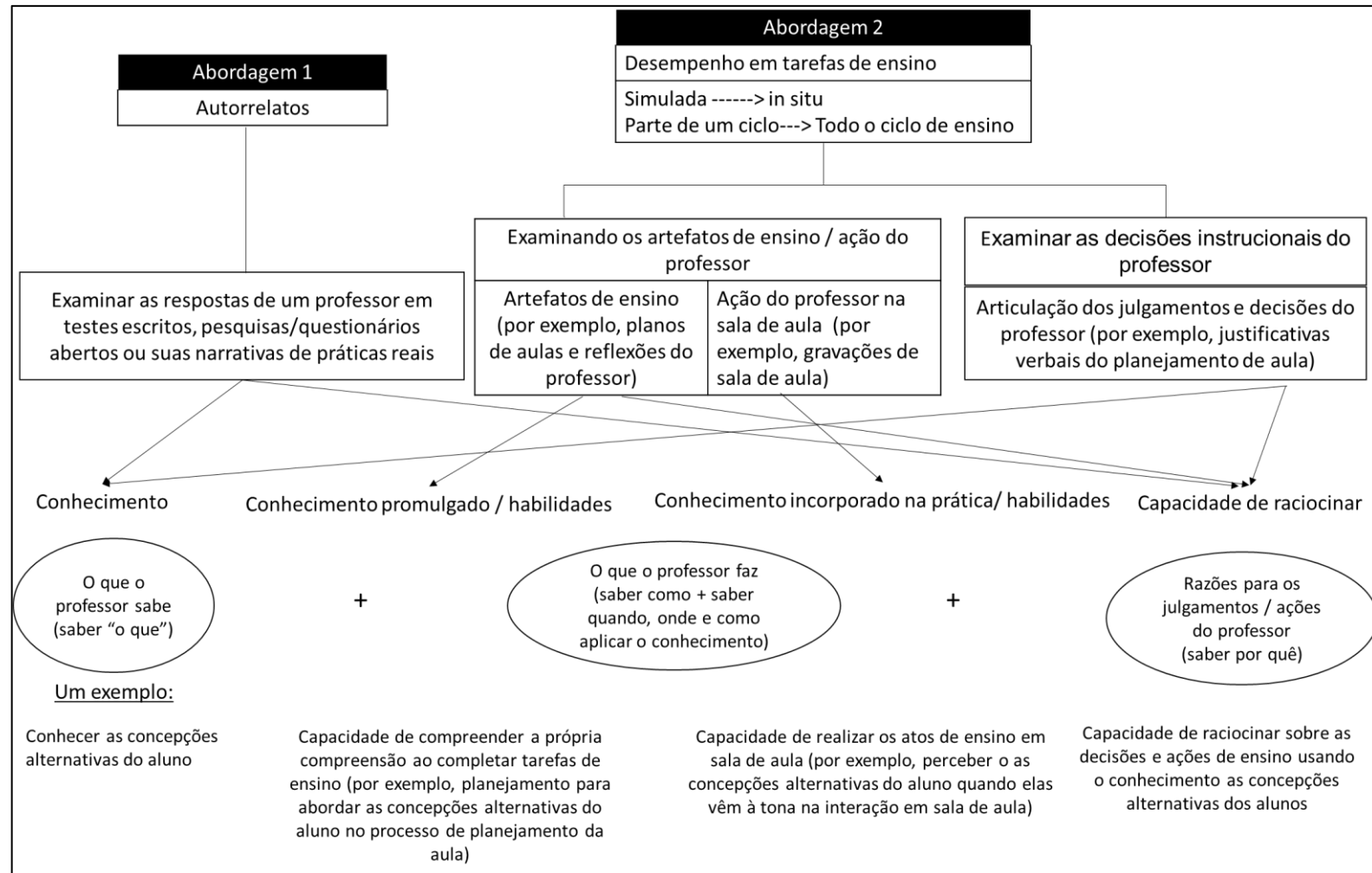


Figura 28. Diferentes abordagens para determinar o PCK dos professores de ciências e sua relação com diferentes formas de PCK.
Fonte: Chan e Hume (2019, p. 20, tradução livre).

Baxter e Lederman (1999) também listaram as fontes de dados mais utilizadas por autores e encontraram as seguintes fontes: avaliações e testes, observação da sala de aula, mapas conceituais, entrevistas e avaliação por métodos múltiplos.

Os métodos de acesso ao PCK são tão variados que Kind (2009) propõe uma categorização envolvendo os estudos sobre o PCK. Para a autora, existem duas principais categorias: I) estudos *in situ*, se interessam em como os professores ensinam Ciências dentro da sala de aula e, para isso, fazem usos de entrevistas pré- e pós-aula. É possível, ainda, que seja feita uma triangulação dos dados das entrevistas com observações em sala de aula e questionários. A limitação desses estudos, segundo aponta Kind (2009), é que, em sua maioria, participam professores estagiários, pois representam grupos de participantes com baixa resistência e geralmente alta motivação para cooperar; II) estudos testes, investigam a percepção dos professores acerca do PCK e as possíveis mudanças no PCK durante ou após a intervenção prática. Esses estudos utilizam trechos de vídeos ou transcrições de aulas. Os professores participantes são expostos a testes e respondem a um ou mais instrumentos de coleta de dados para revelar o PCK. Esses estudos têm a vantagem de fazerem uso de instrumentos de fácil utilização e que podem ser aplicados em diferentes contextos, o que permite a comparação do PCK em diferentes formações. A limitação é que o PCK é percebido apenas pelos testes, e a qualidade de um professor pode não ser percebida apenas por esse instrumento.

Loughran, Mulhall e Berry (2004) propõem, a partir de um estudo longitudinal com professores de Ciências, dois instrumentos específicos para acessar e documentar o PCK: CoRe e Repertório de experiência Pedagógica e Profissional - PaPeR (da sigla em inglês *Professional and Pedagogical Experience Repertoires*).

O CoRe (**Quadro 21**) envolve a compreensão dos professores de ciências em relação aos aspectos particulares do conhecimento específico, como, por exemplo, o conhecimento das concepções alternativas, das estratégias e abordagens para o enquadramento de ideias. Esse instrumento é composto por 8 questões sobre o ensino de um conjunto de ideias centrais associadas a um

conteúdo específico, podendo ser realizado em grupos ou individualmente (LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004).

Quadro 21. Instrumento CoRe - Representação do Conteúdo.

Ideias/conceitos científicos importantes			
	Ideia central 1	Ideia central 2	Etc.
1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?			
2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?			
3. O que mais você sabe sobre essa ideia?			
4. Quais as dificuldades e limitações ligadas a essa ideia?			
5. Que conhecimento sobre o pensamento dos estudantes tem influência no seu ensino sobre essa ideia?			
6. Quais outros fatores influem no ensino dessa ideia?			
7. Que procedimentos de ensino você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?			
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou confusão dos alunos sobre essa ideia?			

Fonte: Loughran, Mulhall e Berry (2004, p. 376, tradução livre).

Hume (2010) afirma que o CoRe pode ser uma ferramenta útil para auxiliar os professores a desenvolverem a base de conhecimentos profissionais que necessitam para o ensino. Segundo a autora, o instrumento permite que os professores iniciantes acessem e organizem os conhecimentos e pensamentos dos professores de Ciências experientes, sem grande esforço.

O processo permite que os professores construam uma forma provisória de PCK para tópicos específicos que eles podem agora levar para suas primeiras experiências de ensino em sala de aula - uma espécie de ferramenta de pré-planejamento (HUME, 2010, p.38, tradução livre²⁵).

A despeito das contribuições, Hume (2010) relata que trabalhar com o CoRe é uma tarefa desafiadora e que exige suporte para que os professores compreendam o que lhes está sendo perguntado. Kind (2009) considera o CoRe

²⁵ The process allows student teachers to construct a tentative form of PCK for particular topics that they can now take into their first classroom teaching experiences and trial – a kind of pre-planning tool.

o instrumento mais adequado e útil para acessar o PCK de professores, mas também ressalta se tratar de uma ferramenta complexa que, segundo a autora, pode intimidar alguns professores e desencorajá-los a produzir um CoRe detalhada.

O PaPeR se apresenta, para Kind (2009), como uma alternativa ao CoRe. É um documento desenvolvido a partir de descrições detalhadas sobre o ensino de um conteúdo específico. Trata-se de uma narrativa elaborada pelo pesquisador usando registros e observações de aulas e a reflexão do professor. Loughran, Mulhall e Berry (2004) destacam, no entanto, que um PaPeR único não é capaz de revelar o PCK, mas uma diversidade de PaPeRs poderiam ajudar a esclarecer os diferentes aspectos do PCK.

O PaPeR e o CoRe estão vinculados a fim de ajudar a conectar a prática observada à compreensão do conteúdo específico. Loughran, Mulhall e Berry (2004) discutem que a utilização conjunta desses instrumentos:

[...] pode criar oportunidades para melhor entender e, portanto, valorizar o conhecimento específico, as habilidades e as experiências dos professores de Ciências, tornando o tácito e evasivo explícito para todos os públicos (LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004, p.378, tradução livre²⁶).

Não há um formato específico para a elaboração do PaPeR, sendo possível sua elaboração por meio de entrevista, voz de observador e diários.

Além desses instrumentos, outros trabalhos têm utilizado a análise de conteúdo (AC) de planejamentos do professor como instrumento para o acesso ao PCK (ELIAS, 2011; OLIVEIRA JÚNIOR; FERNANDEZ, 2010; PEREIRA; FERNANDEZ, 2013). Girotto Júnior (2017), além de planejamentos das disciplinas e das aulas, fez uso de registros audiovisuais das aulas e entrevistas semiestruturadas para investigar o PCK de dois professores em ambientes diferentes.

Como se observa, o registro e acesso ao PCK exige, de fato, uma combinação de múltiplos instrumentos de pesquisa e a triangulação de dados, de forma a produzir resultados confiáveis, evitando reconhecer apenas as crenças do professor. Isso devido ao fato de que investigar o PCK, como já mencionado, requer explicitar conhecimentos implícitos.

²⁶ [...] may create opportunities to better understand, and hence value, the specialized knowledge, skills, and expertise of science teachers by making the tacit and elusive explicit for all audiences.

Chan e Hume (2019) relatam que se tem observado um aumento no número de pesquisas que visam ir além da descrição do PCK e buscam explorar as relações entre o PCK e outras variáveis, como o desempenho dos estudantes e atributos afetivos e atitudes e crenças dos professores, por exemplo. Nesse sentido, este trabalho realizou uma investigação do PCK de professores de Química em formação inicial fazendo uso de dois instrumentos consolidados nas pesquisas da área, o CoRe e o PaPeR, a partir do modelo transformativo de PCK, proposto por Magnusson, Kracijk e Borko (1999) e do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019).

A seguir, os instrumentos são discutidos de acordo com sua adequação para a pesquisa.

4.5.1 CoRe

O CoRe é considerado um instrumento de pesquisa bastante útil para caracterização do PCK e, além disso, é um instrumento já validado por vários pesquisadores (FERNANDEZ, 2014, 2015; LEAL; NOVAIS; FERNANDEZ, 2015; LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004; SILVA; FERNANDEZ, 2021).

Para a realização do CoRe (**Quadro 21**), a pesquisadora realizou uma formação com os sujeitos de pesquisa, orientando-os sobre o que é o CoRe e mostrando um exemplo de como esse instrumento pode ser preenchido. Os exemplos utilizados foram um CoRe envolvendo a temática estrutura da matéria e dois com a temática das soluções químicas.

A intenção da formação foi diminuir as dificuldades de preenchimento do CoRe, haja vista que os estudos apontam que esse instrumento é considerado complexo (HUME, 2010).

Além disso, considerando que esse instrumento pode se apresentar como um desafio aos licenciandos mesmo após a orientação, combinou-se na análise do PCK, os dados do instrumento CoRe, do PaPeR e as versões da UDM.

O CoRe foi utilizado nesta pesquisa antes de se iniciar o processo de implementação da UDM (mais precisamente na data de 18/11/2020), com a intenção de identificar o PCK inicial das participantes da pesquisa. A aplicação foi feita, também, após o processo de implementação da UDM (na data de 23/03/2021), objetivando identificar o possível desenvolvimento do PCK das

licenciandas. As duas versões do instrumento foram realizadas para o mesmo conteúdo químico: Forças de interação entre as partículas.

A análise do CoRe foi realizada a partir do modelo proposto por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), que considera o PCK constituído dos 5 componentes anteriormente apresentados. Na seção 4.6 são apresentados os procedimentos da análise de conteúdo, realizada no instrumento CoRe.

Realizou-se uma nova leitura dos CoRes e do referencial, buscando relacionar as perguntas desse instrumento com uma das subcategorias derivadas do referencial teórico dos componentes do PCK, segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999). Obteve-se assim a seguinte relação:

- **Orientações para o Ensino de Ciências:** perguntas 1, 2 e 7;
- **Conhecimentos sobre o Currículo de Ciências:** perguntas 1 e 3;
- **Conhecimentos sobre as Estratégias Instrucionais:** pergunta 7;
- **Conhecimento sobre a Compreensão dos Alunos sobre Ciências:** perguntas 4, 5 e 6;
- **Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências:** pergunta 8.

Candela Rodriguez (2016) realizou estudo do CoRe e chegou a uma aproximação parecida para a análise dos componentes do PCK segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999).

4.5.2 PaPeR

Juntamente com o CoRe, Loughran, Mulhall e Berry (2004) propõem o uso de um instrumento denominado PaPeR. Um PaPeR é uma narrativa da prática baseada em registros de aulas e nas reflexões do professor/licenciandos.

Os PaPeRs são elaborados a partir de descrições minuciosas sobre o ensino de um conteúdo, que podem ser extraídas por meio de entrevistas com o professor, de ideias manifestadas em discussões e interações durante uma aula (FERNANDEZ, 2015).

Segundo Loughran, Mulhall e Berry (2004), o PaPeR e o CoRe estão relacionados com o intuito de auxiliar na conexão entre as ações do professor/licenciando durante a aula e o seu conhecimento do conteúdo envolvido, revelando o PCK em ação.

Nesta pesquisa, elaborou-se um PaPeR para cada reunião de orientação, totalizando 7 relatos. As reuniões de orientação são momentos em que o professor formador se reúne com os licenciandos (de um mesmo grupo de estágio, normalmente os grupos são de 2 a 3 licenciandos) para discutir sobre o planejamento da UDM e sobre a intervenção. Esses momentos são importantes, pois ajudam os licenciandos a refletirem sobre as escolhas do planejamento, auxiliando-os na execução das tarefas do planejamento.

Morales (2021, p. 380) realizou observações durante as reuniões de orientação em sua pesquisa e constatou que essas reuniões são momentos ímpares “[...] para as discussões sobre a articulação dos elementos do planejamento entre si e com a abordagem metodológica [...]”. Interessa-se, nesta pesquisa, pela investigação de quais as contribuições dessas reuniões para o desenvolvimento do PCK em licenciandos.

Na próxima seção é apresentada como foi realizada a análise das versões da UDM, por meio de um instrumento específico proposto por Morales (2021).

4.5.3 Análise documental das versões da UDM

Lüdke e André (1986) destacam a análise documental como uma valiosa técnica de abordagem de dados qualitativos. Segundo as autoras, os documentos são fontes de informações consolidadas e perenes. Yin (2001, p. 109) acrescenta que o uso mais importante de documentos é corroborar as evidências oriundas de outras fontes. Para o autor, “os documentos podem fornecer outros detalhes específicos para corroborar as informações obtidas através de outras”.

Diante da importância da análise documental para os estudos de caso, esta pesquisa utilizou um instrumento para análise das versões da UDM (**Anexo C**). Esse instrumento foi proposto no trabalho de Morales (2021) e é composto por dois grandes blocos.

O 1º bloco (critérios A – A1 a A9) tem a função de guiar a análise das interações entre os diversos elementos do planejamento, a partir do modelo proposto para elaboração da UDM. O 2º bloco (critérios B – B1 a B6) orienta a análise de como se dá a articulação entre os elementos da UDM e a abordagem metodológica proposta.

O critério A1, segundo Moralles (2021, p. 239), investiga se o professor propôs uma UDM adequada ao contexto de intervenção, ou seja, averigua se as estratégias didáticas, os recursos didáticos e os materiais de aprendizagem estão condizentes com a realidade posta. O autor esclarece que o critério é considerado não adequado “se for sugerida, por exemplo, a realização de uma atividade experimental complexa que exige a utilização de um laboratório de Ciências e a escola não dispõe dessas instalações [...]”.

O critério A2 objetiva observar se os conteúdos escolares estão coerentes com as orientações curriculares oficiais para o nível de ensino. A2 é considerado inadequado se o professor propuser o ensino de um conteúdo que se diferencia muito das orientações curriculares oficiais.

Já, A3 é o critério destinado a analisar se os objetivos de aprendizagem estão de acordo com a estrutura da Taxonomia de Bloom Revisada. Como discutido anteriormente, os objetivos devem conter verbos, substantivos e gerúndios que representam o conteúdo trabalhado, as formas para alcançá-los e o instrumento para avaliar o processo de ensino e aprendizagem. Também, os níveis das dimensões processo cognitivo e conhecimento do objetivo geral devem estar em um nível igual ou superior aos dos objetivos específicos (critério A4).

Analisa-se no critério A5, a proposição das múltiplas estratégias didáticas a serem utilizadas na UDM. A6, então, objetiva investigar se as estratégias didáticas propostas estão articuladas aos objetivos de aprendizagem definidos.

Para guiar a análise da pertinência entre as estratégias didáticas e de avaliação tem-se o critério A7. Espera-se que para cada objetivo específico seja proposta uma estratégia de avaliação correspondente.

A8 analisa se os recursos didáticos e a organização do ambiente de sala de aula estão adequados para se trabalhar as estratégias didáticas. E, por fim, A9 investiga se o professor sugeriu, na UDM, tempos extras para atividades que não estão necessariamente relacionadas com os momentos de ensino e aprendizagem. Moralles (2021, p. 240) destaca:

São exemplos desses momentos: deslocamento dos alunos entre as salas de aula, deslocamento para o intervalo, tempo para a atribuição da presença dos alunos, tempo para montagem de experimentos ou distribuição de materiais para os alunos, tempo para formação de grupos de trabalho, entre outros. Essa previsão é importante para que consiga adequar o tempo ao conteúdo proposto.

No 2º bloco englobam-se 6 critérios, numerados B1 a B6. B1 pretende investigar se os conteúdos a serem trabalhados ao longo da UDM têm coerência com os princípios pedagógicos da abordagem metodológica. No critério B2 observa-se se a abordagem metodológica foi definida a partir de uma análise sobre os condicionantes decorrentes de concepções alternativas e de obstáculos epistemológicos encontrados na literatura. B3 investiga se os objetivos geral e específicos estão articulados aos fundamentos da abordagem metodológica.

B4 e B5 analisam se as estratégias didáticas estão coerentes com a abordagem metodológica. E, por fim, B6 investiga a coerência entre a abordagem metodológica e as estratégias de avaliação. Moralles (2021, p. 242) dá um exemplo do que não seria coerente para o critério B6:

Se os objetivos em uma abordagem CTSA é trabalhar de forma crítica a relação ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, as atividades de avaliação devem propiciar que o professor acompanhar se esse tipo de reflexão está sendo desenvolvido.

Esses critérios foram definidos a partir das premissas do modelo de planejamento da UDM. Como mencionado, nesse modelo de planejamento, a abordagem metodológica é uma escolha autônoma do professor e tem a função de apresentar os fundamentos que vão articular os demais elementos do planejamento.

Neste trabalho, são analisadas com esse instrumento apresentado duas versões da UDM: a primeira versão desenvolvida pelas licenciandas (tarefas elaboradas antes das reuniões de orientação) e a versão que foi efetivamente aplicada em sala de aula (versão da intervenção). Entre uma versão e outra foram realizadas 7 reuniões de orientação.

4.5.4 Gravações de áudio e vídeo

Como mencionado, o processo de implementação de uma UDM envolve o desenvolvimento de 3 etapas: o planejamento, a intervenção didático-pedagógica e o replanejamento.

Foram realizadas gravações das etapas de planejamento (reuniões de orientação) e da intervenção didático-pedagógica. Não foram realizadas transcrições das reuniões de orientação em virtude de a pesquisadora já ter realizado o registro desses momentos através dos PaPeRs.

A gravação da etapa de intervenção foi utilizada para que a pesquisadora realizasse, com maior riqueza de detalhes, a descrição dos episódios das aulas e das reuniões de orientação. Como é mencionado no próximo capítulo, a intervenção se deu de forma assíncrona, por meio da gravação de três vídeos enviados aos alunos da escola.

4.5.5 Diário de aula

Após a intervenção da UDM, propõe-se ao professor uma reflexão sobre os propósitos educativos planejados e a ação profissional. A reflexão ocorre em duas dimensões: I) individual e II) coletiva. A dimensão individual ocorre por meio da elaboração, pelo professor, de diários de aula. As seções do diário foram sintetizadas no **Quadro 13**. Porém destaca-se que esse documento é composto por uma descrição das aulas, seguida por reflexões sobre concepções alternativas e adequação das estratégias e da abordagem metodológica. Por fim, o professor deve sugerir modificações que julgue necessárias.

Em virtude de todos os condicionantes do ensino remoto, as licenciandas realizaram uma única versão do diário, que foi escrito de forma conjunta pela três.

Propõe-se que a análise do diário complemente a análise documental da 2ª versão da UDM, haja visto não ter sido pedida uma versão reelaborada da UDM, mas apenas o diário que traz sugestões de modificações.

Além disso, o diário permite que sejam evidenciadas as reflexões realizadas pelas licenciandas sobre a ação. Pelo fato de a reflexão ser coletiva pode permitir que sejam acessados elementos do cPCK. Como é possível observar na **Figura 29**, o círculo central do modelo RCM reconhece que o ciclo pedagógico de ensino é dinâmico e o raciocínio pedagógico do professor (planejar - ensinar – refletir) ocorre durante todos os aspectos de ensino. Assim, o diário pode possibilitar o acesso às reflexões das licenciandas sobre a ação e, pretende-se, por meio da articulação diário – CoRe final investigar como essas reflexões incidem sobre o pPCK final das licenciandas.



Figura 29. Dimensão ePCK no modelo RCM, destacando a importância da reflexão sobre a ação no desenvolvimento do PCK.

Fonte: Adaptado de Carlson e Daehler (2019, p. 84).

Na próxima seção são apresentados os procedimentos para tratamento e análise dos dados a partir da Análise de Conteúdo.

4.6 Procedimentos para tratamento e análise dos dados

Após a etapa de realização de coleta de informações, o pesquisador passa a ter domínio de um *corpus* de informações ainda desconexas e que podem não ter necessariamente significação ou coerência. Dessa forma, faz-se necessário o uso de métodos analíticos capazes de concatenar e organizar os dados para superar a apresentação dos resultados de pesquisa de forma meramente descritiva (YIN, 2001; GIBBS, 2009).

O tratamento e análise das informações levantadas nesta pesquisa foram realizados a partir dos princípios teórico-metodológico da Análise de Conteúdo (AC).

Bardin (2016) define a AC como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2016, p. 48).

Dessa forma, a AC é um instrumento analítico marcado por grande variedade de formas e adaptável a um vasto campo de aplicação como o das comunicações. A AC auxilia a padronização e a organização de dados coletados, a análise dos textos e os seus significados e, tem como objetivos e funções a superação da incerteza, o enriquecimento da leitura e da tentativa exploratória e a busca pela descoberta (BARDIN, 2016).

Moraes (1999) destaca, também, que a AC pode ser utilizada para todos os tipos de materiais, verbais ou não-verbais, tais como cartas, cartazes, jornais, informes, livros, entrevistas, gravações, diários pessoais, entre outros materiais.

Bardin (2016) discute, ainda, possíveis tipos de análise e destaca alguns, tais como a análise de respostas a questões abertas, a análise de comunicação de massa, a análise lexical e sintática de uma amostra e a análise de entrevistas.

Para a autora, a AC pode ser dividida e entendida em três fases ou polos que devem ser seguidos cronologicamente: I) pré-análise; II) exploração do material, e III) tratamento dos resultados obtidos.

A **Figura 30** apresenta essas três etapas do desenvolvimento da AC.

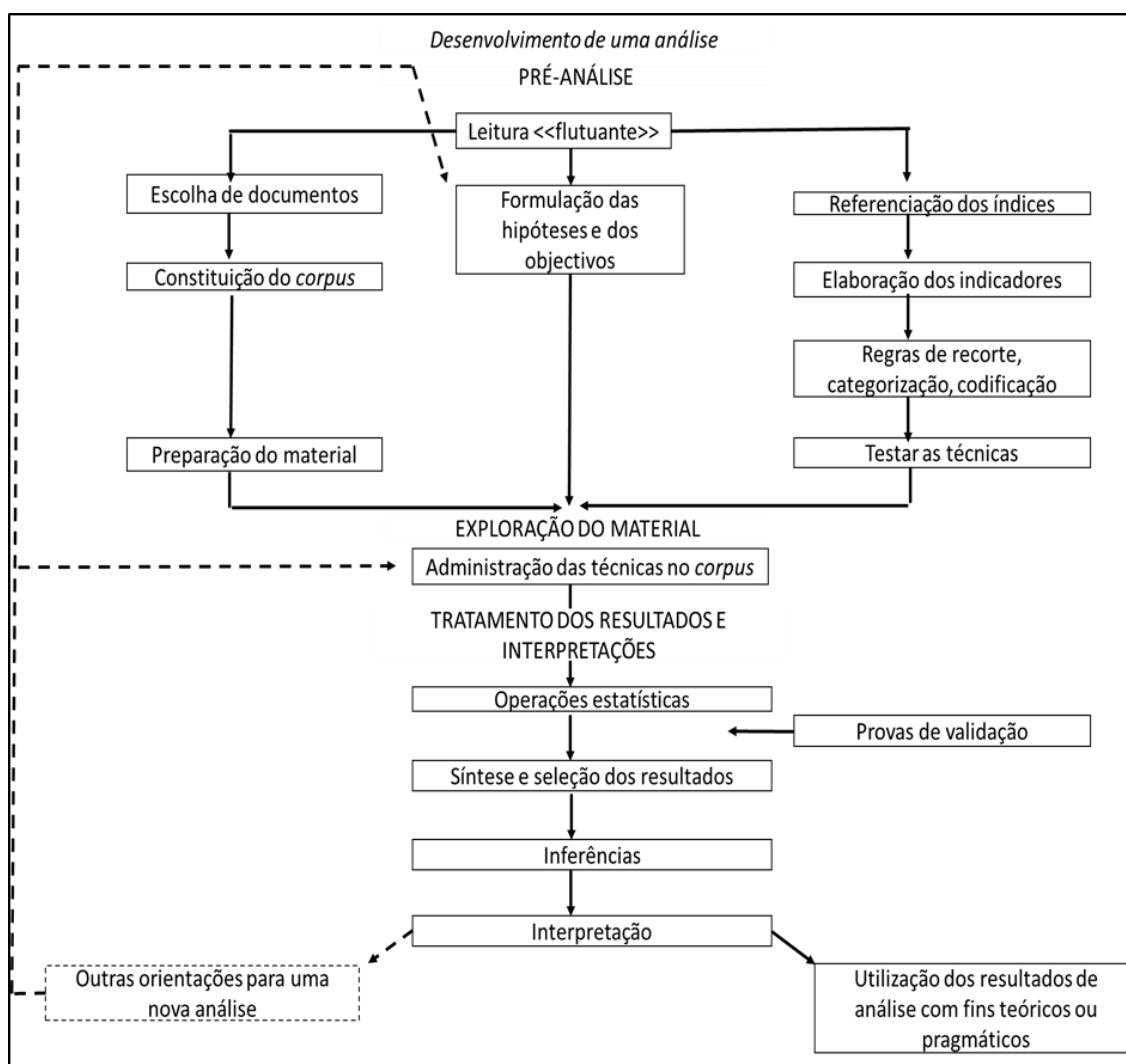


Figura 30. Desenvolvimento de uma análise a partir dos pressupostos da AC.

Fonte: Bardin, 2016, p. 132.

A pré-análise é a fase da organização propriamente dita. Essa etapa tem como objetivo a escolha dos documentos que vão ser analisados, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração dos indicadores que irão fundamentar a interpretação final dos dados. Para a realização da pré-análise, faz-se necessário a execução de algumas atividades, como: I) uma leitura flutuante, ou seja, um primeiro contato com os documentos que serão analisados; II) a escolha dos documentos, delimitando o universo de documentos e a definição de um *corpus*, ou seja, o conjunto dos documentos que serão submetidos aos procedimentos de análise; III) a formulação das hipóteses e dos objetivos; IV) a referenciação dos índices e a elaboração de indicadores; V) preparação dos materiais, em que se faz uma espécie de edição dos dados coletados.

A etapa da escolha dos documentos, destaca Bardin (2016), pode exigir que se sigam determinadas regras, entre elas: a regra da exaustividade, a regra de representatividade, da homogeneidade e a regra da pertinência. Os documentos devem ser representativos, ou seja, serem representantes do universo, mesmo ao se trabalhar com amostras; devem ser homogêneos, devendo ser avaliados de uma maneira única sem apresentar singularidades; e, finalmente, devem ser pertinentes e coerentes com os objetivos da pesquisa. E, ainda, segundo alerta a autora, a homogeneidade auxilia na criação de categorias de inclusão e exclusão de trabalhos no corpus.

Salienta-se, ainda, que a organização da análise é a etapa em que se é estabelecido o procedimento, o qual deve ser preciso e bem definido, porém, flexível. Antes da exploração do material, ainda é feita uma preparação, ou seja, podem ser feitas cópias do material, recortes e edições.

A próxima etapa, denominada por Bardin (2016) de exploração do material, consiste em uma fase longa e fastidiosa, baseada na codificação, desconto e enumeração em função das regras formuladas anteriormente. Segundo a autora, a codificação é:

Uma transformação – efetuada segundo regras precisas – dos dados brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo ou da sua expressão; suscetível de esclarecer o analista acerca das características do texto (BARDIN, 2016, p. 133).

O processo de codificação dos dados compreende três escolhas: a escolha das unidades; enumeração, ou seja, escolha das regras de contagem; e a classificação e agregação, que é a escolha das categorias. A escolha de unidades de registro é o recorte que se dá na pesquisa. Para Bardin (2016), uma unidade de registro significa uma unidade a ser codificada, podendo essa ser um tema, uma palavra ou uma frase.

Em alguns casos de AC, pode ser necessário realizar uma etapa de classificação/categorização dos dados, que nada mais é do que fornecer uma representação simplificada de dados brutos. Para isso, pode ser realizada uma repartição dos elementos e impor certa organização às mensagens.

A categorização consiste nos processos de isolar os elementos e agrupá-los novamente, levando em consideração a similaridade entre eles.

A última etapa é a etapa de tratamento dos resultados. Nessa etapa o pesquisador, calcado nos resultados brutos, procura torná-los significativos. É nessa etapa que o analista apresenta a relação dos resultados obtidos com o escopo teórico e, dessa forma, avança para conclusões que permitem o avanço da pesquisa.

Inclui-se, ainda, nessa etapa, a inferência dos resultados. A inferência é definida pela autora, como “[...] operação lógica, pela qual se admite uma proposição em virtude da sua ligação com outras proposições já aceitas como verdadeiras” (BARDIN, 2016, p.45).

A utilização da AC nesta pesquisa se deve à possibilidade de se conseguir resultados por meio de uma análise sistemática e objetiva dos dados, permitindo uma interpretação mais complexa do que uma leitura simples e exploratória. Além disso, optou-se pela AC por essa ser versátil e utilizável em diferentes tipos de fontes de dados. Por fim, a AC auxiliou na definição das categorias para os instrumentos de análise.

Para o questionário recorreu-se à AC para categorização e elaboração de um perfil da turma e dos sujeitos de pesquisa. Assim, foram obtidas categorias *a priori*, a partir das perguntas e características investigadas no questionário, com relação, principalmente, à integração curricular e atividade remunerada exercida concomitante com a faculdade. Isso porque, essas duas categorias podem influenciar no desenvolvimento do PCK de um professor.

Para análise das duas versões da UDM recorreu-se a perspectiva teórico-metodológica da UDM e utilizou-se o instrumento proposto por Morales (2021) a partir de categorias *a priori*.

Já a análise do CoRe e do PaPeRs se deu também, a partir de categorias *a priori* relativas aos elementos do PCK, segundo o modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), e às dimensões de PCK, segundo o RCM (ePCK, cPCK e pPCK).

Elaborou-se categorias **reduzido**, **amplo**, **mediano** para categorizar os conhecimentos, componentes do PCK, segundo o modelo proposto por Magnusson, Krajcik e Borko (1999). As categorias e suas descrições estão resumidas no **Quadro 22**.

Como é possível observar, se um conhecimento componente do PCK for categorizado nas duas subcategorias como reduzido, o conhecimento será

classificado como reduzido. Se for classificado nas duas subcategorias como amplo, será considerado amplo. E se for categorizado como amplo em uma das categorias e reduzido em outra, o conhecimento será considerado mediano.

O componente Orientações para o Ensino de Ciências foi classificado a partir das nove orientações apresentadas pelos autores. São elas: processo, rigor acadêmico, didática, mudança conceitual, atividade dirigida, descoberta, investigação e investigação-guiada.

Na próxima seção é apresentada a proposta de triangulação dessas informações analisadas.

Quadro 22. Categorização dos conhecimentos componentes do PCK, segundo modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999).

Conhecimentos		Conhecimento Reduzido	Conhecimento Amplo	Resultado
Orientação para o Ensino de Ciências		-	-	Categorização nas 9 orientações para o Ensino de Ciências
Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências	Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência	Não apresenta conhecimento de nenhum conhecimento prévio do conceito específico ou apenas apresenta um conhecimento prévio do conceito específico sem que sugira algum procedimento de ensino para auxiliar os estudantes no desenvolvimento do conhecimento.	Apresenta um ou mais conhecimentos prévios coerentes com o ensino do conceito específico e/ou sugere procedimentos de ensino que podem auxiliar no desenvolvimento desse conhecimento prévio	Se o conhecimento for classificado nas duas categorias como reduzido, o conhecimento da categoria mais ampla será REDUZIDO. Se o conhecimento for classificado em uma das duas categorias como reduzido, o conhecimento da categoria mais ampla será MEDIANO.
	Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes	Não cita nenhuma concepção alternativa e/ou obstáculo epistemológico sobre o conceito específico	Cita uma ou mais concepções alternativas e/ou obstáculos epistemológicos sobre o conceito específico	Se o conhecimento for classificado nas duas categorias como amplo, o conhecimento da categoria mais ampla será AMPLO.
Conhecimento sobre o Currículo de Ciências	Vertical	Não cita nenhum conteúdo, tópico e questões que são ensinados na disciplina (antes ou depois do conteúdo específico).	Cita um ou mais conteúdo, tópico e questões que são ensinados na disciplina (antes ou depois do conteúdo específico).	Se o conhecimento for classificado nas duas categorias como reduzido, o conhecimento da categoria mais ampla será REDUZIDO.
	Horizontal	Não traz as ideias centrais com foco no conteúdo específico ou então com uma sequência não lógica de ensino.	Apresenta ideias centrais coerentes com uma sequência lógica de ensino e/ou apresenta as relações entre as ideias.	Se o conhecimento for classificado em uma das duas categorias como reduzido, o conhecimento da categoria mais ampla será MEDIANO. Se o conhecimento for classificado nas duas categorias como amplo, o conhecimento da categoria mais ampla será AMPLO.

Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências	Conhecimento das dimensões da aprendizagem em Ciências a serem avaliadas	Não explicita os conceitos que serão avaliados ou explicita, mas não se propõe avaliar os tópicos importantes do conteúdo.	Explicita os conceitos que serão avaliados e a avaliação abrange os principais tópicos do conteúdo.	Se o conhecimento for classificado nas duas categorias como reduzido, o conhecimento da categoria mais ampla será REDUZIDO. Se o conhecimento for classificado em uma das duas categorias como reduzido, o conhecimento da categoria mais ampla será MEDIANO.
	Conhecimento das estratégias de avaliação da aprendizagem no Ensino de Ciências	Explicita os instrumentos de avaliação que serão utilizados.	Explicita os instrumentos de avaliação que serão utilizados e os instrumentos guardam coerência com os conteúdos, ou seja, o instrumento é adequado para avaliar o conteúdo. Diversifica os instrumentos de avaliação.	Se o conhecimento for classificado nas duas categorias como amplo, o conhecimento da categoria mais ampla será AMPLO.
Conhecimento sobre as Estratégias Didáticas.	Conhecimento das estratégias específicas das Ciências	Propõe o uso de estratégias genéricas e tradicionais do Ensino de Ciências	Propõe o uso de estratégias variadas do ensino de Ciências (uso de jogos, simuladores, experimentação).	Se o conhecimento for classificado nas duas categorias como reduzido, o conhecimento da categoria mais ampla será REDUZIDO. Se o conhecimento for classificado em uma das duas categorias como reduzido, o conhecimento da categoria mais ampla será MEDIANO.
	Conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências	Não cita nenhuma atividade e/ou representação (analogia, modelos, ilustrações) específica do tópico Forças Intermoleculares.	Sugere o uso de atividades e representação específicas para o ensino de Forças Intermoleculares como experimentação, simuladores, analogias.	Se o conhecimento for classificado nas duas categorias como amplo, o conhecimento da categoria mais ampla será AMPLO.

Fonte: Elaboração própria.

4.7 Triangulação dos dados

A triangulação dos dados é a articulação dos diversos métodos qualitativos utilizados em uma pesquisa de abordagem qualitativa. Tal procedimento visa a superação das limitações de um método único por tornar possível a combinação dos diversos métodos e dar-lhes a mesma relevância (FLICK, 2009).

Segundo o autor, a combinação de fontes é capaz de captar a essência das informações e permite a constituição de uma linha argumentativa que relaciona as diferentes perspectivas teóricas às descrições práticas.

Partindo dessa perspectiva, a proposta de triangulação dos dados, em relação às questões de pesquisa, está apresentada no **Quadro 23**.

Quadro 23. Síntese das questões, fontes de dados e instrumentos de pesquisa.

Questões de pesquisa		Fontes de pesquisa/ Instrumento de pesquisa				
		Sujeitos	Espaço	Documentos		
		Licenciandos e professor formador	Google meet	Versões da UDM	PaPeR	CoRe
		Questionário	PaPeR	Instrumento para análise da UDM		
1	Como se caracteriza o pPCK dos licenciandos antes e depois da implementação da UDM?	x			x	x
2	Qual a influência das tarefas previstas no processo de elaboração de uma UDM no desenvolvimento do PCK dos licenciandos?		x	x	x	x

Fonte: Elaboração própria.

Para responder à Questão 1 foram trianguladas as informações coletadas pelos instrumentos: questionário (considerando que as informações acerca da integralização dos créditos e atividade remunerada pode influenciar no PCK²⁷) e do comparativo entre as versões inicial e final do CoRe. Já a Questão 2, utilizou

²⁷ Em teoria, a integralização dos créditos pode indicar o número de disciplinas pedagógicas que as licenciandas já cursaram, possibilitando que tenham desenvolvido mais conhecimentos pedagógicos em detrimento de licenciandos que ainda não cursaram todas as disciplinas. Ainda, considera-se que uma atividade remunerada envolvendo atividade de ensino poderia promover o desenvolvimento de conhecimentos docentes.

os dados oriundos do PaPer, elaborado durante as reuniões de orientação na plataforma *google meet*, do instrumento para análise da UDM, por meio da comparação das versões da UDM e do comparativo entre as versões inicial e final do CoRe.

Na próxima seção são apresentadas as análises dos dados a partir dos instrumentos escolhidos em respostas às questões pretendidas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são discutidas as análises dos instrumentos de pesquisa a fim de caracterizar o PCK das três licenciandas, participantes desta pesquisa. Objetiva-se também investigar como o processo de implementação da UDM incide sobre o PCK das licenciandas. As análises são feitas, inicialmente, separadas, mas ao final do capítulo apresenta-se dos achados de pesquisa e suas implicações.

5.1 Análise e caracterização do pPCK inicial das licenciandas

5.1.1 Análise e caracterização do pPCK inicial de Julie

A análise do CoRe foi feita para cada um dos cinco componentes do PCK, segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999). Como já mencionado, cada pergunta do CoRe foi relacionada com os componentes do modelo de PCK adotado. Assim, tem-se:

- **Orientações para o Ensino de Ciências:** perguntas 1, 2 e 7;
- **Conhecimentos sobre o Currículo de Ciências:** perguntas 1 e 3;
- **Conhecimentos sobre as Estratégias Didáticas:** pergunta 7;
- **Conhecimento sobre a Compreensão dos Alunos sobre Ciências:** perguntas 4, 5 e 6;
- **Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências:** pergunta 8.

A partir das 9 orientações de ensino propostas por Magnusson, Krajcik e Borko (1999) (**Quadro 1**), realizou-se a análise do conteúdo do CoRe, com base nas unidades de significado para cada uma das orientações.

A licencianda Julie respondeu o CoRe de forma remota no dia 18/11/2020²⁸. Julie e as outras duas licenciadas, Pamela e Shirley, participaram de uma formação oferecida pela pesquisadora responsável, que explicitou o conceito de PCK e o instrumento CoRe. Além disso, para facilitar o entendimento, a pesquisadora apresentou três exemplos de CoRe sobre temáticas diferentes: dois com a temática das soluções químicas e outro com a temática de estrutura da matéria.

²⁸ Neste momento, as licenciandas apenas sabiam qual o conteúdo químico que seria trabalhado nas aulas de estágio. Destaca-se, portanto, que nenhuma Tarefa da elaboração da UDM havia sido iniciada

O CoRe respondido pela licencianda sobre Forças de Interação Intermoleculares está representado no **Quadro 24**. A UDM elaborada pelas licenciandas foi sobre essa temática, o que justifica a elaboração do CoRe para esse conteúdo.

Quadro 24. CoRe do conteúdo Forças de Interação Intermoleculares preenchido pela Julie antes da implementação da UDM.

	Ideia central 1 Polaridade	Ideia central 2 Força dipolo-dipolo	Ideia central 3 Força dipolo-induzido
1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?	Compreender a solubilidade do material	A interação que ocorre entre moléculas polares	A interação que ocorre dentro de uma molécula apolar
2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?	Compreender como as moléculas interagem	Que há uma ligação/interação entre os polos delas.	O movimento dos que ocorre em uma molécula apolar
3. O que mais você sabe sobre essa ideia?	Identificar a polaridade da molécula em que tem polo positivo e negativo	Essa interação cria um dipolo permanente	Ocorre uma interação entre moléculas, mas fraca, podendo romper
4. Quais as dificuldades e limitações ligadas a essa ideia?	É “enxergar” dipolos das moléculas e esquivar das comparações/analogias	É “enxergar” dipolos das moléculas e esquivar das comparações/analogias	É “enxergar” dipolos das moléculas e esquivar das comparações/analogias
5. Que conhecimento sobre o pensamento dos estudantes tem influência no seu ensino sobre essa ideia?	As ligações químicas, eletronegatividade dos elementos	Polaridade	Polaridade
6. Quais outros fatores influem no ensino dessa ideia?	A compreensão de polar e apolar da substância ajuda no entendimento de solubilidade e forças intermoleculares	Através da compreensão das polaridades das moléculas	A compreensão sobre polaridade e não entender a molécula como polos

7. Que procedimentos de ensino você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?	Tics, como, vídeos interativos e phet colorado	Tic, como, phet colorado	Tics, como phet colorado
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou confusão dos alunos sobre essa ideia?	Através de uma resolução de um questionário aplicado na lousa.	Respostas na lousa em que a professora colocará e chamará alguns alunos para responder	Respostas na lousa em que a professora colocará e chamará alguns alunos para responder

Fonte: Dados da pesquisa.

Como é possível observar no CoRe, Julie propôs três ideias centrais para o conteúdo: polaridade, força dipolo-dipolo e força dipolo induzido. Para essas ideias, é proposto o uso de diferentes estratégias didáticas, como o uso de simuladores (*Phet Colorado*) e das TDICs. A avaliação sugerida se daria por meio de resolução de listas de exercícios na lousa.

A análise do CoRe foi realizada usando o instrumento proposto na seção 4.6, **Quadro 22**. O resultado sintetizado da análise é apresentado no **Quadro 25**.

Quadro 25. Análise do CoRe respondido pela licencianda Julie antes da implementação da UDM.

Conhecimentos		Conhecimento	Resultado
Orientação para o Ensino de Ciências		-	Rigor Acadêmico
Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências	Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência	Amplio	Mediano
	Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes	Reduzido	
Conhecimento sobre o Currículo de Ciências	Vertical	Reduzido	Reduzido
	Horizontal	Reduzido	
Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências	Conhecimento das dimensões da aprendizagem em Ciências a serem avaliadas	Reduzido	Reduzido

	Conhecimento das estratégias de avaliação da aprendizagem no Ensino de Ciências	Reduzido	
Conhecimento sobre as Estratégias Didáticas.	Conhecimento das estratégias específicas das Ciências	Reduzido	Reduzido
	Conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências	Reduzido	

Fonte: Elaboração própria.

Analisando o CoRe (**Quadro 24**), especialmente a partir das respostas às perguntas 1, 2 e 7, foi possível caracterizar a orientação da licencianda como “Rigor Acadêmico”. Segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999), essa orientação tem como propósito representar um corpo acadêmico de conhecimento, através de trabalhos de laboratórios e demonstrações para verificar os conceitos científicos demonstrando a relação entre determinados conceitos e os fenômenos. Ao responder à questão sobre o porquê é importante que os estudantes aprendam essa ideia (pergunta 2 do CoRe), Julie explicitou que os estudantes devem entender os conceitos de polaridade, força dipolo-dipolo e força dipolo induzido para compreender a relação das forças intermoleculares com outros fenômenos da Química, como, por exemplo, a solubilidade. Além disso, a licencianda propôs o uso TDICs, como vídeos e simuladores para a compreensão desses conceitos e suas relações.

O componente Conhecimento da Compreensão dos alunos sobre Ciências foi categorizado como mediano, pois classificou-se o Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes como reduzido, uma vez que Julie não citou nenhuma concepção alternativa e/ou obstáculo epistemológico relacionado ao conteúdo Forças de Interação Intermoleculares. O Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência foi categorizado como amplo. Isso porque, Julie sugeriu que uma das dificuldades dos estudantes ao se ensinar Forças de Interação é ‘enxergar dipolos das moléculas’. Essa é uma dificuldade relacionada à capacidade de abstração, necessária para o entendimento de alguns conceitos da Química, e a

licencianda, para superar essa dificuldade, sugeriu nos procedimentos de ensino o uso de TICs, como vídeos e simuladores.

Considerou-se como reduzido o Conhecimento sobre o Currículo de Ciências de Julie. Julie explicitou três ideias centrais: polaridade, força dipolo-dipolo e força dipolo-induzido. As ideias estão expressas de forma coerente com a sequência de ensino, porém já que a licencianda optou por especificar cada uma das forças de interação, seria coerente que apresentasse a ligação de hidrogênio. Nesse caso, pode-se inferir que a licencianda não considera a interação de hidrogênio como sendo uma ideia central das Forças Intermoleculares e isso, pode apontar para uma falha no conhecimento do currículo horizontal. Além disso, não citou nenhum conteúdo ou tópicos que se articulem com a temática Forças Intermoleculares, indicando possuir conhecimento reduzido do currículo vertical.

O Conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências foi considerado reduzido, já que Julie não explicitou quais os conceitos que seriam avaliados e nem diversificou os instrumentos de avaliação, julgando necessário apenas um questionário na lousa. Como já mencionado na seção 2 deste trabalho, Sanmartí (2002) defende que os estudantes aprendem de formas e ritmos diferentes, sendo necessário, que o professor pensa estratégias didáticas que atendam essa pluralidade de formas de aprender. Nesse sentido também, a autora sugere que a avaliação seja utilizada como forma de identificar as dificuldades dos estudantes, auxiliando-os no processo de aprendizagem. Assim, não se recomenda o uso de um único instrumento de avaliação, cujo objetivo seja atribuir notas e reconhecimento de aprendizado final do estudante.

Em relação ao Conhecimento sobre as estratégias didáticas, o conhecimento de Julie foi considerado reduzido. A licencianda sugeriu apenas o uso de TICs, como vídeos e simuladores para o ensino de Forças de Interação Intermoleculares. Apesar de essa ser uma estratégia adequada para o ensino do conteúdo, uma vez que pode ajudar os estudantes a superar uma dificuldade exposta pela licencianda, que é a de 'enxergar os dipolos', esperava-se que essa não fosse a única estratégia sugerida, uma vez que podem existir escolas que não conseguem fazer o uso de alguma TIC por conta da falta de recursos e/ou aparatos tecnológicos, por exemplo.

Uma observação importante da análise da CoRe é a de que Julie demonstrou possuir uma concepção alternativa, que foi discutida nas reuniões de orientação (detalhadas nas próximas seções). Como é possível observar no Quadro 24, ao responder à questão 1 (O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?) para a ideia central 3 (força dipolo induzido), a licencianda destaca: “a interação que ocorre dentro de uma molécula apolar”. Porém, como se sabe, as forças de interação intermoleculares ocorrem entre moléculas e não, como destaca Julie, dentro de uma molécula. Nesse caso, tem-se as ligações covalentes entre átomos.

Já em 1986, Shulman destacou a importância do conhecimento do conteúdo específico dentre os conhecimentos docentes. No momento, o autor destacou que o professor deve tornar o conhecimento do conteúdo específico acessível para que os alunos consigam entendê-lo. Como se pode notar, e pela presença de uma concepção alternativa referente à temática central das Forças de Interação Intermoleculares, pode-se dizer que a licencianda mostrou possuir fragilidades relacionadas ao conhecimento do conteúdo específico.

De maneira geral, pode-se dizer sobre o pPCK inicial de Julie que a orientação para o Ensino de Ciências observada para a licencianda foi “Rigor Acadêmico”. Ainda, segundo a análise realizada, Julie possuía Conhecimento mediano da compreensão dos alunos sobre Ciências. O conhecimento sobre o currículo de Ciências foi categorizado como reduzido e o Conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências e sobre as estratégias didáticas foram considerados, segundo os critérios adotados por essa pesquisa, como reduzidos.

Cabe destaque o fato de que Julie não havia integralizado todos os créditos e dentre a estrutura curricular obrigatória (**Quadro 14**) ainda precisaria cursar a disciplina de Metodologias para o Ensino de Ciências ou Metodologia e Prática de Ensino de Química, disciplina esta do 4º ano.

Segundo o programa de ensino da disciplina de Metodologias para o Ensino de Ciências, disponibilizado pela universidade, os objetivos a serem desenvolvidos na disciplina são:

Objetivo geral: reconhecer e comparar diferentes modelos de ensino-aprendizagem e metodologias de ensino de ciências.

Objetivos específicos: Reconhecer o papel das teorias pedagógicas na prática docente e suas implicações para a função social da escola; identificar tendências psicológicas e pedagógicas predominantes em diferentes contextos sociais e históricos; compreender a influência das teorias pedagógicas e psicológicas nas metodologias de ensino de ciências; identificar as especificidades, características e fundamentações de diferentes metodologias de ensino de ciências; reconhecer as influências das metodologias de ensino de ciências no currículo, no trabalho docente, nas estratégias e nos recursos didáticos e na avaliação do ensino de ciências.

A partir da leitura dos objetivos propostos, pode-se dizer que o fato de a licencianda Julie não a ter cursado não parece ser a razão principal que justifique as fragilidades apontadas pela análise do CoRe.

5.1.2 Análise e caracterização do pPCK inicial de Shirley

Assim como Julie, a licencianda Shirley respondeu o CoRe de forma remota no dia 18/11/2020. O CoRe respondido é apresentado no **Quadro 26**.

Quadro 26. CoRe do conteúdo Forças de Interação Intermoleculares preenchido pela Shirley antes da implementação da UDM.

	Ideia central 1 As partículas com cargas opostas se atraem (prótons e elétrons), e com cargas iguais se repelem.	Ideia central 2 As interações que ocorrem entre os átomos para acontecer uma ligação covalente, iônica ou ligação de hidrogênio
1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?	Que prótons e elétrons se atraem, por isso que o ímã “gruda” na geladeira, e os elétrons se repelem entre si.	Que existem tipos de ligação entre os átomos diferentes e com forças diferentes, que podem ser quebradas mais fácil ou dificilmente
2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?	Porque muitos acontecimentos do dia a dia podem ser explicadas a partir do entendimento dessa ideia.	Porque são teorias que explicam como ocorrem as reações e ligações entre elementos distintos.
3. O que mais você sabe sobre essa ideia?	Que um átomo se mantém estável porque tem prótons e nêutrons em seu núcleo e elétrons ao seu redor.	Que elementos distintos realizam diferentes tipos de ligação por ter propriedades diferentes.
4. Quais as dificuldades e limitações ligadas a essa ideia?	É um conceito abstrato que exige imaginação do aluno para compreensão.	Também é um conceito abstrato que exige imaginação dos alunos para compreender.

5. Que conhecimento sobre o pensamento dos estudantes tem influência no seu ensino sobre essa ideia?	A ideia de senso comum que “opostos se atraem” e “iguais se repelem” pode influenciar no ensino desse conteúdo.	
6. Quais outros fatores influem no ensino dessa ideia?	O que são partículas, prótons, nêutrons e elétrons.	O entendimento dos alunos dos modelos atômicos influenciam na teoria dos tipos de interação entre os átomos, também o conhecimento da tabela periódica.
7. Que procedimentos de ensino você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?	Analogias para facilitar a compreensão do conceito por ser abstrato	Desenhos na lousa para facilitar o entendimento do que ocorre microscopicamente.
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou confusão dos alunos sobre essa ideia?	Exercícios e experimentos possíveis de fazer em sala.	Exercícios pedindo para eles dizerem qual ligação entre um átomo e outro e porquê.

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise do CoRe foi realizada usando o instrumento proposto na seção 4.6, **Quadro 22**. O resultado sintetizado da análise é apresentado no **Quadro 27**.

Quadro 27. Análise do CoRe respondido pela licencianda Shirley antes da implementação da UDM.

Conhecimentos		Conhecimento	Resultado
Orientação para o Ensino de Ciências		-	Didática
Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências	Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência	Reduzido	Reduzido
	Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes	Reduzido	
Conhecimento sobre o Currículo de Ciências	Vertical	Reduzido	Reduzido
	Horizontal	Reduzido	

Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências	Conhecimento das dimensões da aprendizagem em Ciências a serem avaliadas	Reduzido	Reduzido
	Conhecimento das estratégias de avaliação da aprendizagem no Ensino de Ciências	Reduzido	
Conhecimento sobre as Estratégias Didáticas.	Conhecimento das estratégias específicas das Ciências	Ampla	Mediano
	Conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências	Reduzido	

Fonte: Elaboração própria.

A análise do CoRe de Shirley revela que a licencianda, assim como Julie, possuía uma concepção alternativa em relação conteúdo específico Forças de Interação Intermoleculares. As licenciandas demonstraram confundir interações intramoleculares com interações intermoleculares. Shirley destacou apenas duas ideias centrais para o conteúdo, que são: 1) as partículas com cargas opostas se atraem; 2) as interações que ocorrem entre os átomos para ocorrer uma ligação covalente, iônica ou ligação de hidrogênio.

Destaca-se que as ideias centrais no CoRe deveriam ser como subtópicos que o professor elenca como importante para ajudar os estudantes a entender o conceito de forma global e ampla. Já pela ideia central 2, é possível observar que Shirley confundiu a ligação de hidrogênio, uma interação intermolecular, com as interações intramoleculares, as ligações iônicas e covalentes. E, essas ideias não são suficientes para o entendimento global de Forças de Interação Intermoleculares.

Com relação ao componente Orientação para o Ensino de Ciências, pode-se dizer que a licencianda Shirley revelou a orientação do tipo “didática”. Isso porque propôs o ensino a partir de aulas do tipo palestras ou discussões em que o professor é responsável por apresentar os fatos da Ciência (quais as interações entre os átomos, por exemplo).

Julgou-se reduzido o Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências, em virtude de Shirley não ter explicitado nenhum conhecimento prévio do conceito específico e não citou nenhuma concepção alternativa ou obstáculo

epistemológico para o tema. Pode-se dizer que a licencianda, de fato, não considerava os conhecimentos prévios de seus estudantes ou não considerou necessário mencionar isso durante a elaboração de seu CoRe.

Com relação ao componente Conhecimento sobre o currículo de Ciências, destaca-se que Shirley além de não trazer ideias centrais com foco no conteúdo de Forças Intermoleculares, ainda não expressou nenhuma inter-relação com nenhum outro tópico. Assim demonstrou possuir conhecimento reduzido para o currículo horizontal e vertical. Como já mencionado, as ideias centrais revelam que Shirley possuía uma concepção alternativa em relação a confundir as interações intermoleculares (entre as moléculas) com as interações intramoleculares (dentro das moléculas).

Foi considerado reduzido o Conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências, haja vista Shirley não ter explicitado quais os conceitos a serem avaliados. A licencianda propôs o uso de exercícios para avaliar o conhecimento dos alunos sobre ligação. Outro instrumento sugerido por Shirley foi a utilização de experimentos.

Com relação à experimentação no Ensino de Ciências, pode-se dizer que o seu uso possibilita a articulação entre aspectos fenomenológico, teórico e representacional. Segundo Silva, Machado e Tunes (2013, p. 240), a atividade científica de experimentação permite:

A formação e o desenvolvimento do pensamento analítico, teoricamente orientado. Em outras palavras, ela enseja a possibilidade de fragmentação do objeto concreto em parte e o reconhecimento destas e a sua recombinação de um modo novo. É nisso que reside o seu grande potencial como atividade imaginativa criadora, se bem empregada.

Quando os alunos realizam ou observam a realização de um experimento, geralmente, solicita-se que os expliquem. Assim, seria possível realizar uma avaliação do entendimento, pelo aluno, da relação teoria-experimento-representação. Porém, Shirley apenas menciona que seria usado experimentos, não deixando claro qual sua intenção com a utilização do experimento como instrumento avaliativo.

Em relação ao Conhecimento sobre as estratégias didáticas, pode-se dizer que Shirley tinha um conhecimento mediano. Notou-se que a licencianda propôs o uso de estratégias bastante utilizadas no Ensino de Química, tais como

a analogia, resolução de exercícios, experimentação e a representação por meio de desenhos, ou modelos. A subcategoria Conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências foi considerado reduzido, uma vez que a licencianda não propôs o uso de nenhuma analogia, por exemplo, específica para o ensino de Forças de Interação Intermoleculares.

De maneira geral, pode-se dizer sobre o pPCK inicial de Shilery que a orientação para o Ensino de Ciências observada para a licencianda foi a “Didática”. Ainda, segundo a análise realizada, Shirley possuía Conhecimento reduzido da compreensão dos alunos sobre Ciências e sobre o currículo de Ciências. O Conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências foi considerado, pelos critérios adotados nesta pesquisa, como reduzido. E, por fim, considerou-se mediano o conhecimento sobre as estratégias didáticas.

Cabe destaque que Shirley já havia integralizado os créditos em disciplinas do curso quando respondeu o CoRe. E entre as disciplinas cursadas podem ser destacadas as disciplinas Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química e Instrumentação para o Ensino de Química, disciplinas essas que objetivam, entre outras coisas, discutir sobre avaliação, currículo e estratégias para o Ensino de Química.

5.1.3 Análise e caracterização do pPCK inicial da Pamela

O 1º CoRe respondido pela licencianda no dia 18/11/2020, sobre Forças de Interação Intermoleculares está apresentado no **Quadro 28**.

Quadro 28. CoRe do conteúdo “Forças de interação” preenchido pela Pamela antes da implementação da UDM.

	Ideia central 1 Eletronegatividade	Ideia central 2 Polaridade das moléculas	Ideia central 3 Interações intermoleculares
1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?	Que os átomos possuem capacidade de “capturar” elétrons de outros átomos e que isso irá influenciar nas suas interações e nas interações entre as moléculas posteriormente	As diferentes moléculas possuem diferentes elementos constituintes e por isso possuem diferentes polaridades	Que quando as moléculas se aproximam elas interagem entre si de diferentes maneiras, forças e intensidades

2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?	Para que eles entendam que durante as interações entre os átomos, os elétrons são os responsáveis por essas interações e saber o quanto determinado elemento possui de eletronegatividade vai influenciar como ele irá interagir com outros elementos.	Para que eles compreendam que as moléculas interagem entre elas e as essa propriedade (polaridade) vai interferir diretamente nessas interações	Para que os alunos entendam que as moléculas não são isoladas e “soltas” mas sim que estão sempre interagindo umas com as outras e essa interação depende de alguns fatores e propriedades dessas moléculas
3. O que mais você sabe sobre essa ideia?	Que os elementos mais eletronegativos tendem a puxar para si a densidade eletrônica formando polos negativos durante as interações	Fila da eletronegatividade (elementos que são mais eletronegativos tendem a ficar mais negativos e os menos positivos tendem a ficar mais positivo) e isso vai gerar um vetor na molécula (polos)	Que as forças de interação ocorrem de acordo com a polaridade das moléculas; que existem três principais tipos de forças (dipolo permanente, dipolo induzido e ligação de hidrogênio)
4. Quais as dificuldades e limitações ligadas a essa ideia?	A “visualização” dos elétrons e questão da sua distribuição nos elementos	Geometria das moléculas (como desenhá-las no papel)	Visualizar como isso ocorre de forma microscópica, conteúdo que exige um certo grau de abstração; saber a polaridade das moléculas para determinar qual força de interação irá ocorrer
5. Que conhecimento sobre o pensamento dos estudantes tem influência no seu ensino sobre essa ideia?	O que são os elétrons, como se dá a eletrosfera e como as cargas se atraem (positiva atrai negativa, negativa atrai positiva)	A eletronegatividade dos elementos (o que significa ser mais eletronegativo, quais elementos são mais eletronegativos).	A polaridade da molécula (principalmente a formação dos pólos) é o que mais vai influenciar, pois sem esse pensamento será impossível de entender essa ideia
6. Quais outros fatores influem no ensino dessa ideia?	-	A “visualização” microscópica das moléculas e das ligações	-

7. Que procedimentos de ensino você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?	Utilização de imagens, da tabela periódica para mostrar a eletronegatividade dos elementos	A utilização de softwares para melhor visualização das moléculas, além do desenho das moléculas para uma melhor visualização dos vetores da polaridade	A retomada das polaridades das moléculas, tirando dúvidas e reforçando esse conteúdo; a utilização de imagens para melhor visualização dessas interações
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou confusão dos alunos sobre essa ideia?	Exercícios sobre a eletronegatividade, utilização de jogos e dúvidas tiradas em aula	Listas de exercícios para praticar a polaridade de diferentes moléculas; dúvidas dos alunos tiradas em aula	Exercícios e atividades que os alunos precisam indicar as forças de interação presentes nas moléculas e dúvidas dos alunos tiradas em aula

Fonte: Dados da pesquisa

A análise do CoRe foi realizada usando o instrumento proposto na seção 4.6, **Quadro 22**. O resultado sintetizado da análise é apresentado no **Quadro 29**.

Quadro 29. Análise do CoRe respondido pela licencianda Pamela antes da implementação da UDM.

Conhecimentos		Conhecimento	Resultado
Orientação para o Ensino de Ciências		-	Didática
Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências	Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência	Amplio	Mediano
	Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes	Reduzido	
Conhecimento sobre o Currículo de Ciências	Vertical	Reduzido	Mediano
	Horizontal	Amplio	
Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências	Conhecimento das dimensões da aprendizagem em Ciências a serem avaliadas	Amplio	Mediano
	Conhecimento das estratégias de avaliação da aprendizagem no Ensino de Ciências	Reduzido	

Conhecimento sobre as Estratégias Didáticas.	Conhecimento das estratégias específicas das Ciências	Amplo	Mediano
	Conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências	Reduzido	

Fonte: Elaboração própria.

Analizando o CoRe (**Quadro 28**), especialmente a partir das respostas às perguntas 1, 2 e 7, foi possível caracterizar a orientação da licencianda como “Didática”. Segundo os autores (**Quadro 1**), essa orientação tem como propósito transmitir fatos da Ciência e se caracteriza pela utilização, pelo professor, de aula expositiva ou discussão, com perguntas direcionadas aos alunos com o propósito de fornecer um suporte justificável para o conhecimento dos fatos produzidos pela Ciência. Ao responder à questão sobre o porquê é importante que os estudantes aprendam essa ideia (pergunta 2 do CoRe), Pamela explicitou que os estudantes devem entender os conceitos de eletronegatividade, polaridade das moléculas e Forças Intermoleculares a fim de compreender os fatos da Ciência. Além disso, a licencianda propôs o uso de procedimentos de ensino em que o professor apresenta aos alunos imagens, tabelas e até *softwares*, ou seja, o ensino se dá, nessa proposta, por meio de aula expositiva ou discussão.

De acordo com Magnusson, Krajcik e Borko (1999), o componente Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências do PCK apresenta duas subcategorias: o Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência e o Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes.

O componente Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências foi considerado mediano, uma vez que Pamela citou a dificuldade de visualização das moléculas e sua geometria e a dificuldade de entender a polaridade das moléculas e, então, decidir qual a força de interação entre as moléculas. No entanto, a licencianda não citou nenhuma concepção prévia e/ou obstáculo epistemológico que acreditava que os estudantes poderiam ter e não deixou clara a importância de se considerar os conhecimentos prévios dos alunos em sua prática de sala de aula. Tal fato pode se justificar por dois motivos

principais: I) Pamela, de fato, não considerava os conhecimentos prévios de seus estudantes; ou II) não considerou necessário mencionar isso durante a elaboração de seu CoRe.

Com relação ao componente Conhecimento do Currículo de Ciências, considera-se o conhecimento sobre o currículo vertical e o currículo horizontal.

Nesse contexto, é possível destacar, a partir da análise das respostas às perguntas 1 e 3 do CoRe (**Quadro 28**), que Pamela demonstrou conhecimento amplo sobre o currículo horizontal, já que apresentou as ideias principais em uma sequência lógica de ensino. As ideias principais que a licencianda apresentou foram: I) eletronegatividade; II) polaridade das moléculas e; III) interações intermoleculares. Nessa estruturação, nota-se que o tema eletronegatividade foi entendido pela licencianda como requisito para o ensino de polaridade das moléculas e, esse, requisito para o ensino de Forças Intermoleculares.

Com relação ao currículo vertical, Pamela não citou nenhum outro conteúdo ao longo do CoRe que se articulasse com a temática Forças Intermoleculares, assim o conhecimento foi considerado reduzido. A partir do critério já mencionado, o Conhecimento sobre o Currículo de Ciências de Pamela foi considerado mediano.

Ao analisar a resposta de Pamela à pergunta número 8 do CoRe (**Quadro 23**), foi possível observar que a avaliação proposta estava centrada nos conteúdos científicos e se baseava, fundamentalmente, na realização de exercícios, por meio de listas. Não foram feitas considerações sobre como se daria a resolução dessa lista, se em grupo ou individualmente, ou se seria feita a devolutiva em sala, mas destaca-se que a licencianda explicitou a necessidade de os exercícios serem formas de diagnosticar possíveis dúvidas dos estudantes.

Segundo Loughran, Berry e Mulhall (2006), a pergunta número 8 do CoRe objetiva explorar a abordagem de ensino do professor para um conteúdo específico, para que ele possa recolher diferentes perspectivas da eficácia de seu ensino, bem como auxiliar nos ajustes necessários em situações similares que possam ocorrer no futuro. O conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências de Pamela foi considerado mediano uma vez que ela explicitou os conceitos a serem avaliados (eletronegatividade, polaridade e forças de

interação) e os instrumentos avaliativos foram considerados adequados do ponto de vista do conteúdo químico, ou seja, é plausível que um professor avalie o entendimento dos alunos sobre eletronegatividade por meio de lista de exercícios ou através da utilização de jogos. O que se ponderou foi que a licencianda propôs para as três ideias centrais o instrumento lista de exercícios apesar das especificidades de cada ideia.

Pamela demonstrou, durante a elaboração da 1º CoRe (**Quadro 28**), mediano Conhecimento sobre as estratégias didáticas, visto que propôs o uso de estratégias diversificadas do Ensino de Ciências: aulas expositivas, utilização de jogos e a utilização de diferentes recursos de ensino: imagens e softwares, em virtude da especificidade da temática, que tem como característica a necessidade de certo grau de abstração. A categorização em mediano e não amplo se deve em virtude de a licencianda ter proposto apenas a utilização da TICs como estratégia que pode ser considerada específica para o ensino particular de Forças de Interação Intermoleculares. Sabe-se das potencialidades de aulas expositivas e da utilização de jogos para o ensino de uma ampla variedade de conteúdos químicos, entretanto, para atender a especificidade do conteúdo de Forças Intermoleculares, julga-se apenas o uso de softwares como potencialmente específico.

De maneira geral, pode-se dizer sobre o pPCK inicial de Pamela que a orientação para o Ensino de Ciências observada para a licencianda foi a “Didática”. Ainda, segundo a análise realizada, Pamela possuía conhecimento mediano da compreensão dos alunos sobre Ciências e sobre o currículo de Ciências. Considerou-se mediano, também, o conhecimento sobre as estratégias didáticas e de avaliação.

Por fim, vale ressaltar que Pamela, assim como Shirley, já havia integralizado os créditos em disciplinas do curso quando respondeu o CoRe. E entre as disciplinas cursadas podem ser destacadas as disciplinas Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química e Instrumentação para o Ensino de Química, disciplinas essas que objetivam, entre outras coisas, discutir sobre avaliação, currículo e estratégias para o Ensino de Química.

Diferentemente das outras duas licenciandas, Pamela não explicitou no instrumento CoRe nenhuma concepção alternativa em relação ao conteúdo específico Forças de Interação Intermoleculares, não demonstrando nenhuma

fragilidade no Conhecimento do Conteúdo. De acordo com as informações contidas na **Tabela 1**, Pamela e Shirley fizeram cursinho pré-vestibular antes de ingressarem na universidade e Pamela foi a única, dentre as três que estudou durante toda sua vida em escola particular. Shirley e Julie estudaram em escolas públicas até o ensino médio e, nesse período tiveram bolsa de estudos e ingressaram na escola particular.

Esses dados podem sugerir que, em virtude de Pamela ter estudado sempre em escola particular e, adicionalmente, ter realizado cursinho pré-vestibular, apresentou menos dificuldades em relação ao conteúdo específico da Química, o que parece ter influenciado na realização do CoRe. A licencianda não teve nenhum dos componentes do PCK classificado em reduzido e, ainda, teve dois dos componentes considerados como conhecimentos amplos.

Käpylä, Heikkinen e Asuntaa (2009) realizaram pesquisa envolvendo o conhecimento do conteúdo e o PCK e encontraram que o conhecimento do conteúdo influencia positivamente no PCK de professores e em um ensino eficaz. Para os autores, professores com conhecimento do conteúdo mais bem desenvolvido tornam-se mais conscientes das dificuldades conceituais dos alunos.

5.2 Reuniões de orientação e a construção do cPCK

A construção do cPCK se deu a partir da interação entre as licenciandas (Pamela, Julie e Shirley) e o professor formador (Shulman). Essa interação ocorreu durante as chamadas reuniões de orientação, que aconteceram semanalmente (**Figura 20**). Foram registradas 7 reuniões de orientação (cerca de 40 minutos aproximadamente) que geraram os PaPeRs (**Apêndice B**) e a partir deles são apresentadas, nesta seção, as discussões realizadas para a construção do cPCK.

As reuniões foram utilizadas para que as licenciandas tirassem dúvidas sobre a realização das tarefas da UDM e já serviram para que o professor formador fosse fazendo um acompanhamento processual do planejamento da UDM.

Na primeira reunião, Shulman explicou para as licenciandas a dinâmica das reuniões. Ressaltou ainda que o processo tinha a intenção de ser formativo

e com diversos *feedbacks*, para que as tarefas fossem feitas de forma reflexiva e formativa e não burocrática. Nessa primeira reunião, ainda, o professor formador destacou a importância de se pensar a caracterização do contexto, uma vez que a UDM não é pensada de forma genérica, mas, sim, dentro de um contexto específico.

A licencianda Pamela²⁹ ficou responsável por apresentar o que o grupo já havia realizado na Tarefa 1. Assim, apresentou a caracterização da instituição (infraestrutura e cursos oferecidos) em que iam realizar o estágio. As licenciandas, por questão de disponibilidade horária, optaram por estagiar na turma da 2ª série do Ensino Médio, turma que juntamente com o Ensino Médio cursava o técnico de Informática.

Para caracterizar os alunos, as licenciandas entraram em contato com a professora da turma, buscando informações sobre o engajamento e as dificuldades dos estudantes e, também, disponibilizaram um questionário para verificarem condições tecnológicas e de acesso à internet da turma.

A Tarefa 1 elaborada pelas licenciandas é apresentada na **Figura 31**. Como se pode observar, a descrição da infraestrutura da instituição foi realizada de maneira bastante detalhada, demonstrando que as licenciandas entenderam a importância da caracterização do contexto de intervenção.

²⁹ Visando a participação e interação de todas as integrantes do grupo, o professor formador realizava sorteio para a definição de quem seria a responsável por apresentar as tarefas.

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Nome da unidade escolar	
Endereço completo	
Site e e-mail	
Caracterização da unidade escolar	O campus iniciou suas atividades em 16 de agosto de 2010, fica localizado no bairro Jardim dos Manacás, está próximo de bairros residenciais, inclusive do condomínio Parque Arpoador, do Shopping Jaraguá, uma região de classe média da cidade. No início da inauguração foi aberto para as turmas para os cursos técnicos de informática e mecânica e, em seguida, para o curso superior de Licenciatura em Matemática e as turmas do Ensino Médio. Em sua estrutura, o Instituto Federal possui laboratórios de informática, laboratórios da área da indústria e a oficina mecânica situados nos blocos J e I, também comporta biblioteca para todos os alunos dos cursos com livros variados, além da cantina e uma quadra de esportes. O Instituto oferece aulas nos três períodos, sendo que no período matutino ocorrem as aulas do Ensino Médio, e o período noturno é destinado ao curso superior. Nos períodos da manhã e tarde realizam-se os cursos técnicos. Mediante o cenário de pandemia a secretaria e coordenação não estão funcionando fisicamente, mas estão atendendo via <i>e-mail</i> . Para a elaboração de algumas aulas professores de disciplinas que necessitam do apoio das salas ou laboratórios gravam as aulas no próprio Instituto, seguindo os protocolos estabelecidos para contenção do vírus durante a pandemia.
Disciplina	Química
Ano/turma	2º INFO B
Professor responsável	
Número de estudantes	20 alunos
Caracterização dos estudantes	Os alunos da turma possuem uma faixa etária entre 15 a 17 anos. A maioria dos estudantes reside em Araraquara, mas existe uma boa parte da turma que mora em cidades vizinhas (Dourados, Américo Brasiliense e Boa Esperança do Sul). Todos os alunos cursaram o 1º ano no próprio IF, ou seja, é uma turma que já se conhece e já possui um convívio juntos, facilitando a criação de grupos para atividades. Os alunos cursam em um outro período o curso técnico de informática na escola e, segundo a professora, se trata de uma turma em geral muito boa e engajada nos estudos. Quanto às especificidades do regime remoto, todos os alunos possuem aparelhos tecnológicos para a realização das atividades escolares, sendo eles em sua grande maioria notebook e também celulares ou tablets. Quanto ao ambiente adequado em casa, apenas metade dos alunos possuem boas condições para acompanhar as aulas (boa conexão de internet, ambiente silencioso e livros para estudo). Além disso, apenas 3 alunos possuem um trabalho em outro período.

Figura 31. Tarefa 1 - Caracterização do contexto da intervenção didático-pedagógica elaborada em sua primeira versão pelas licenciandas.

Fonte: Dados da pesquisa.

Vale lembrar que o contexto do estágio se deu durante a pandemia da Covid-19, no ano de 2020 e 2021, em que as aulas ainda estavam no sendo realizadas de forma remota.

Do questionário foram retirados dados importantes como, por exemplo, de que todos os estudantes tinham acesso à internet e poderiam acessar as aulas utilizando um computador e/ou notebook, o que segundo as licenciandas poderia ajudar na realização de aulas síncronas (relato trazido no PaPeR). Metade da turma declarou que possuía boas condições para acompanhar as aulas (boa conexão de internet, ambiente silencioso e livros para estudo).

Após essa apresentação inicial, Shulman realizou perguntas no sentido de fazer com que as licenciandas refletissem sobre a importância desses dados. Para tanto, perguntou às licenciandas qual informação das apresentadas na Tarefa 1 seria a mais importante para o planejamento das aulas. As três destacaram condições ligadas à internet e às condições de acesso às aulas. O professor concordou que eram informações relevantes, mas destacou que o fato de ser uma turma de 2ª série do ensino técnico de Informática, que desde a primeira série estudava na instituição /juntos, deveria ser um fato a ser

destacado. Isso porque os alunos já se conheciam, possuíam afinidades e níveis de conhecimento parecidos, já que vinham de contextos de escolarização parecidos desde a 1ª série. Além disso, o fato de já se conhecerem poderia facilitar a formação de grupos.

A execução e discussão dessa Tarefa pode auxiliar no desenvolvimento do que Magnusson, Krajick e Borko (1999) denominam de Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências do PCK ou, mais especificamente, do Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes. Isso porque, com mais informações sobre a turma, melhores seriam as chances de se identificar os conceitos e tópicos de Ciências que os estudantes encontram maior dificuldade durante a aprendizagem.

Adicionalmente e, diferindo de outros estágios em que a caracterização do contexto da intervenção não é explicitado e estudado, a implementação da UDM permite, principalmente com a Tarefa 1, que as licenciandas tomem consciência do que no modelo RCM denomina-se contexto de aprendizagem.

O contexto de aprendizagem é tudo que influencia os processos de ensino e aprendizagem. No que concerne à instituição, pode-se dizer que abrange as condições de infraestrutura, as características dos estudantes e os valores e premissas do Projeto Político-Pedagógico da escola. Mediante a realização da Tarefa 1, partes do cPCK são integradas no pPCK de um professor, influenciando nas suas decisões antes, durante e após as situações de sala de aula. O contexto de aprendizagem funciona, assim, como um filtro entre o cPCK e o pPCK e, em virtude da natureza idiossincrática do PCK, o contexto acaba influenciando em maior ou menor grau nas decisões dos professores, dependendo de suas características próprias (BEHLING; FÖRTSCH; NEUHAUS, 2022).

Os conhecimentos do contexto e dos alunos foram utilizados pelas licenciandas ao elaborarem e planejarem a execução das aulas. Nas duas SD, como vai ser discutido mais adiante, foi proposta a execução de atividades em grupos, uma vez que se diagnosticou que se tratava de uma turma que já se conhecia e já possuía um convívio juntos. Além deste, outros fatores podem ter influenciado na escolha das atividades em grupo, porém ressalta-se que esse seria um dos motivos pelo qual se optou por esse tipo de atividade.

No segundo encontro, discutiu-se a Tarefa 2 – Análise científico-epistemológica. A UDM planejada pelas licenciandas deveria ser de Forças de Interação Intermoleculares. Esse conteúdo foi definido pela professora da turma, a partir de seu cronograma e planejamento de ensino.

A segunda tarefa foi apresentada pela licencianda Shirley. Shulman iniciou a reunião de orientação explicando que o objetivo era debater sobre o conteúdo científico para que as licenciandas estivessem preparadas para o momento da intervenção da UDM.

Shirley, então, apresentou todos os procedimentos realizados pelo grupo para a referida tarefa. Em resumo, o professor formador elogiou a atividade desenvolvida pelo grupo, fazendo algumas interferências e sugerindo adequações.

O procedimento principal dessa tarefa é descrever o conteúdo científico nos 3 aspectos do conhecimento: aspecto fenomenológico, teórico e representacional. As licenciandas trouxeram aspectos fenomenológicos importantes, porém Shulman sugeriu que elas adicionassem exemplos concretos e que, poderiam, mais tarde, ajudar no planejamento das aulas.

No momento de explicar os aspectos teóricos, o professor formador interferiu bem mais, a fim de discutir possíveis falhas no entendimento de algum conceito importante. Para tanto, fez perguntas para as duas licenciandas presentes (Julie não estava presente nessa reunião).

Como mencionado na seção anterior, Shirley e Julie explicitaram na 1ª versão do CoRe um equívoco relacionado ao conhecimento do conteúdo. No CoRe de Shirley, a licencianda apresenta a seguinte ideia central para o ensino de Forças de Interação Intermoleculares: “as partículas com cargas opostas se atraem (prótons e elétrons), e com cargas iguais se repelem”. Como já mencionado, essa ideia não seria central no ensino de Forças de Interação Intermoleculares. A licencianda confundiu forças intermoleculares com forças intramoleculares. No momento da reunião de orientação da Tarefa 2, as licenciandas Shirley e Pamela perceberam, após as discussões iniciais da tarefa, que erroneamente haviam incluído o item “interações entre íons” como um componente dos aspectos teóricos a serem abordados na UDM.

Assim como no CoRe de Shirley, na explicitação do planejamento da UDM, por meio da elaboração da segunda tarefa, notou-se uma falha no

conhecimento do conteúdo, que pode ser observada para as três licenciandas, partindo do pressuposto que a Tarefa 2 foi realizada de forma conjunta entre as três.

Ressalta-se, dessa maneira, a importância da realização dessa tarefa na elaboração da UDM, uma vez que permite identificar concepções errôneas dos professores em formação inicial. Nesse caso, as próprias licenciandas se conscientizaram do equívoco, indicando que as discussões promovidas nas reuniões de orientação são formativas e promovem o desenvolvimento dos conhecimentos docentes, entre eles, o conhecimento do conteúdo.

As forças intermoleculares foram em seguida explicitadas na UDM. Para tanto, as licenciandas apresentaram as características de cada uma das forças existentes entre moléculas.

As discussões geradas ajudaram os participantes a decidirem quais os pré-requisitos para o ensino de Forças de Interação Intermoleculares. Inicialmente, as licenciandas haviam colocado como pré-requisitos conceitos muito anteriores ao ensino desse conteúdo como, por exemplo, modelo de Rutherford; modelo de Bohr e a constituição da matéria; o uso do número atômico como critério para organizar a tabela periódica; ligações químicas; transformações químicas como resultantes da quebra e formação de ligações; previsões sobre tipos de ligação dos elementos a partir da posição na tabela periódica.

Após a discussão, os pré-requisitos se reduziram a apenas três: eletronegatividade (carga, forças eletrostáticas); geometria molecular e ligação covalente. Nota-se que esses conceitos são, de fato, imediatamente anteriores ao ensino de Forças de Interação Intermoleculares. Assim, é possível notar que ou as licenciandas não tinham entendido o que eram os pré-requisitos para a UDM ou, então, não tinham conhecimento aprofundado do que, realmente, seria importante e necessário para o entendimento desse conteúdo científico.

Discutir sobre os pré-requisitos e conteúdo programático pode auxiliar no desenvolvimento do Conhecimento do Currículo de Ciências (currículo vertical, principalmente), uma vez que Shulman permite uma reflexão sobre o que seria de fato necessário para o ensino de Forças de Interação Intermoleculares. Como destacado no PaPeR:

[...] o professor formador fez um esclarecimento, dizendo que quando um professor vai dar uma aula sobre determinado conteúdo, existe o que é IMEDIATAMENTE anterior. Assim, os modelos de Bohr e Rutherford não seriam imediatamente anteriores. Por exemplo, não seria necessário saber sobre ligação metálica para que o aluno conseguisse aprender Forças Intermoleculares. Após esse esclarecimento, as licenciandas citaram o conceito de eletronegatividade como um pré-requisito importante para o entendimento das interações (DADOS DA PESQUISA).

Com relação aos aspectos teóricos, apesar de no documento da UDM as explicações teóricas estarem de acordo com as teorias científicas, no momento de explicar e expor, surgiram dúvidas e confusões. Shulman perguntou à Shirley por que a ligação de hidrogênio é mais intensa que a interação dipolo-dipolo. A resposta não veio de imediato e quando a licencianda respondeu, o fez de forma bastante superficial, como se vê no excerto retirado do PaPeR elaborado a partir da 2ª reunião de orientação:

Outra pergunta: “Por que a ligação de hidrogênio é mais intensa que a interação dipolo-dipolo?” A licencianda Shirley respondeu de forma incompleta que é porque nessa interação, ligação de hidrogênio, tem-se um átomo pequeno e muito eletronegativo ligado ao hidrogênio. O professor formador insistiu, “mas por que ela vai ser mais intensa?” Shirley disse que não conseguiria responder e, então, Pamela foi convidada a ajudar. Para ajudar o professor formador fez outra pergunta “O que mantém duas moléculas polares unidas?” Em seguida, o professor iniciou uma pequena explicação sobre a interação entre duas moléculas polares, ressaltando que elas se tornam um dipolo e os polos opostos se atraem, por meio de atração eletrostática. Repetiu a pergunta: “Por que a ligação de hidrogênio é mais intensa que a interação dipolo-dipolo?” A licencianda Pamela responde que é por conta de que essa atração vai ser mais forte, ou seja, a intensidade da polarização é mais intensa.

O professor emenda então uma pergunta: “O que é mais fácil separar, HCl de HCl ou HF de HF?” As licenciandas imediatamente responderam que seria mais fácil separar HCl de HCl, pois a intensidade de interação é menor. E o professor complementou que é por isso que é possível explicar as propriedades físicas das substâncias moleculares a partir das Forças Intermoleculares (DADOS DA PESQUISA, grifo nosso).

Esse trecho reitera a dificuldade no conhecimento do conteúdo observado na análise da 1ª versão do CoRe de Shirley.

No campo da UDM, as licenciandas descreveram a interação do tipo ligação de hidrogênio da seguinte maneira:

Ligação de hidrogênio é uma interação intermolecular muito específica, pois ocorre quando um átomo de hidrogênio está ligado a um átomo pequeno e fortemente eletronegativo (especificamente N, O ou F), sendo atraído pelo par isolado de elétrons de outro átomo de N, O ou F. Esse tipo de interação é a mais forte de todas e é responsável pela manutenção da forma das moléculas biológicas, possuindo um papel vital em suas funções biológicas (DADOS DA PESQUISA).

Da descrição acima, pode-se dizer que Shirley respondeu de forma semelhante à explicação dada no campo da UDM. O fato de não ter a explicação do motivo pelo qual uma interação é mais forte do que a outra demonstra que as licenciandas não tinham conhecimento de que essa explicação seria necessária.

Esse fato demonstra que, apesar de a tarefa ter sido bem executada, observa-se, ainda, durante a reunião de orientação, uma falta de conhecimento do conteúdo químico aprofundado nas licenciandas. É, portanto, necessário revelar que preencher de forma técnica/mecânica os campos da UDM não seria suficiente para desenvolver os conhecimentos envolvidos no PCK, mas o que pode estar contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento do currículo e da atualização científica do professor são os debates gerados durante a reunião de orientação.

Quando Shulman perguntou sobre como ocorrem as interações entre moléculas apolares, as licenciandas novamente mostraram que, apesar de terem inserido uma discussão sobre esse tipo de interação na UDM, ainda não conseguiam explicar a interação de forma autônoma e segura. Pamela respondeu que em uma interação entre moléculas apolares os elétrons estão em movimento, deixando, em algum momento, o núcleo exposto. E seria nesse momento que aconteceria a interação. O que Pamela e as outras licenciandas não conseguiram explicar e o que também não estava descrito no campo da UDM é que as interações ocorrem, sim, por conta da movimentação dos elétrons, mas que a aproximação entre as moléculas induz as moléculas vizinhas a esse desequilíbrio de cargas. Esse trecho destaca que Shirley mesmo após realizar a Tarefa 2 manteve a dificuldade no conhecimento do conteúdo, já observada anteriormente. Destaca, também, que apesar de Pamela não ter explicitado nenhuma dificuldade no conhecimento do conteúdo na 1ª versão do CoRe,

também não tinha o domínio completo do conhecimento do conteúdo Forças de Interação Intermoleculares.

As reuniões de orientação aconteciam para todos os grupos de licenciandos e, portanto, visando atender a todos de forma igualitária, o tempo para cada grupo era delimitado a cerca de 40 minutos. Assim, em virtude da falta de tempo, não foi possível discutir o campo Perfil conceitual. As licenciandas preencheram esse campo da UDM, mas ele não foi debatido durante a reunião. Assim, não é possível dizer que esse campo traz alguma contribuição efetiva para o desenvolvimento de algum componente específico do PCK.

Sugere-se, no entanto, que por permitir que as licenciandas se apropriem do desenvolvimento histórico do conceito, ou seja, das dificuldades e percursos percorrido pela Ciência para as descobertas no campo científico, esse campo poderia auxiliar no desenvolvimento do conhecimento da compreensão dos estudantes, que poderiam esbarrar nas mesmas dificuldades (MORALLES, 2021).

Na terceira reunião de orientação, objetivou-se discutir a elaboração da Tarefa 3 – Análise didático-pedagógica. Shulman iniciou a reunião reforçando a importância de o professor ter o domínio do conteúdo químico e do conteúdo pedagógico de forma a prever e antecipar as possíveis dificuldades dos estudantes. A licencianda Julie ficou responsável pela apresentação dessa tarefa.

Julie começou a apresentação dos procedimentos da Tarefa 3 e a discussão se pautou, principalmente, nas concepções alternativas e nos obstáculos epistemológicos. Ao apresentar as concepções alternativas, Julie as leu, entretanto Shulman apontou que mais importante do que saber quais são as concepções alternativas, é saber o motivo pelo qual elas são explicações alternativas à Ciência.

Durante as discussões, notou-se que a licencianda Julie teve mais dificuldades para participar das discussões do que as outras duas licenciandas. Acredita-se que isso se deva ao fato de que ela não estava presente na reunião de orientação anterior, que discutiu a Tarefa 2³⁰.

³⁰ As reuniões de orientação eram gravadas e essas gravações ficavam em uma pasta do *Google Drive* de livre acesso às licenciandas. Shulman recomendou que os alunos assistissem novamente as reuniões para ir orientando a elaboração das próximas tarefas e sempre que uma

Shulman resumiu suas perguntas de forma que elas se centrassem no entendimento das concepções alternativas. As licenciandas escreveram a seguinte concepção alternativa: “Há quebra das ligações químicas quando um sólido funde”. O professor formador imediatamente pediu que elas refletissem sobre qual o problema existia na forma como essa concepção estava escrita. Como elas não conseguiram identificar o problema, ele iniciou uma discussão sobre como as ligações se rompem quando um composto iônico e um composto metálico se fundem.

O professor perguntou: “Por que a frase “há quebra das ligações químicas quando um sólido funde” é uma concepção alternativa? Por exemplo, quando um sal (NaCl) se funde a aproximadamente 801°C se funde, há quebra de alguma ligação ou não?”

A licencianda Julie não conseguiu responder, já a Pamela disse que não, que o que é responsável pelo estado físico da matéria são as interações, portanto, quando se funde, o que se rompe são interações entre as moléculas para substâncias moleculares.

O professor formador estendeu a discussão para uma barra (sólido) de ferro: “Há quebra de ligações quando a barra de ferro muda o estado físico para líquido?” As licenciandas não souberam responder e, então, o professor formador iniciou uma explicação visando elucidar as três primeiras concepções. Nas explicações dele temos:

“Força intermolecular só ocorre entre moléculas, ou seja, formadas a partir de uma ligação covalente. No NaCl tem-se um composto iônico formado por ligações iônicas e, quando esse composto se funde, há sim o rompimento de ligações iônicas. Não todas, mas algumas são rompidas. A frase “Há quebra das ligações químicas quando um sólido funde” está equivocada. É preciso explicitar que tipo de sólido está sendo considerado. Se for um sólido iônico realmente haverá quebra de ligação, porém se for um sólido molecular não. Se for sólido metálico também haverá quebra. Estudar forças intermoleculares é fazer um recorte para o estudo de moléculas”.

O professor perguntou às licenciandas como, então, elas reescreveriam a frase equivocada. A licencianda Julie disse que escreveria dizendo que não há quebra de ligações. [...] A licencianda Shirley conseguiu identificar que o problema na frase está em não especificar o tipo de sólido. Assim ela sugeriu reescrever assim: “Há quebra das ligações químicas quando um sólido molecular se funde” (DADOS DA PESQUISA, grifo nosso).

Como se observa, após as discussões, Pamela e Shirley conseguiram identificar o problema da frase, mas Julie ainda não. Acredita-se que isso se deva ao fato de ela não ter participado das discussões anteriores, durante a realização da Tarefa 2. Ou seja, apesar de ter participado da sua elaboração, não participar da reunião de orientação implicou em maior dificuldade durante as discussões da Tarefa 3. Esse pode ser um indício de que as discussões

licencianda faltava a uma das reuniões era recomendado que, para participar da próxima reunião, assistisse a anterior. Porém, por ser apenas uma recomendação, sabe-se que muitas vezes é negligenciada.

promovidas durante as reuniões de orientação são igualmente ou até mais formativas que a própria elaboração da tarefa.

Para explicar a concepção alternativa “A Força Intermolecular, por exemplo, no CF_4 é maior que no OF_2 , pois há quatro ligações polares no CF_4 ”, Julie também teve dificuldade. Somente com a ajuda do professor formador que as licenciandas conseguiram elaborar uma explicação mais aprofundada. Nesse caso, a geometria molecular de CF_4 que pareceu ter dificultado o entendimento da concepção alternativa e sua consequente explicação, ou seja, o conhecimento de um pré-requisito da UDM pareceu não estar bem estabelecido nas licenciandas.

Diante das dificuldades apresentadas pelo grupo de licenciandas participantes desta pesquisa, ressalta-se a importância de que o preenchimento não seja feito de forma burocrática e que seja acompanhado do formador ao longo de cada tarefa. Como apontado por Morales (2021) em sua pesquisa, que investigou como o processo de implementação de uma UDM incide sobre o desenvolvimento do conhecimento prático-profissional de um professor em formação continuada, a estrutura da UDM aliada aos momentos formativos individuais e coletivos permitem que o professor em formação produza uma proposta de UDM com alto grau de complexidade e articulação entre os elementos do planejamento.

Acredita-se que descrever e debater sobre as concepções alternativas e a reflexão sobre elas pode proporcionar às licenciandas o desenvolvimento do Conhecimento da compreensão dos estudantes sobre Ciências, uma vez que se faz necessário realizar uma busca das concepções alternativas e se possibilita pensar em obstáculos epistemológicos sobre o conteúdo científico.

É importante, ainda, destacar como as discussões sobre a Tarefa 3 podem incidir sobre o conhecimento do conteúdo, além de, possivelmente, influenciar positivamente no PCK dos professores. Isso porque, como se viu nas discussões acima, as licenciandas que na 1ª versão do CoRe explicitaram concepções alternativas, precisam, nesse momento, problematizar e rever suas próprias concepções, preparando-se para o ensino do conteúdo. Assim, defende-se que a implementação da UDM, ao contrário de outros planejamentos de ensino, proporciona ao professor estudar e se conscientizar de suas próprias

dificuldades, revelando em alguns casos concepções alternativas dos próprios docentes.

A reunião de orientação para discutir a abordagem metodológica iniciou-se com o professor pedindo que Pamela explicasse o motivo pelo qual o grupo optou pelo Ensino por Investigação e, em seguida, pediu que ela apresentasse as características dessa abordagem metodológica.

Pamela respondeu que optaram por utilizar o Ensino por Investigação por acreditarem que essa abordagem possibilitaria que elas relacionassem o conteúdo científico com os conhecimentos espontâneos dos alunos.

Essa informação já se mostrou um avanço em relação à 1ª versão do CoRe das licenciandas, que, na ocasião, não deixaram clara a importância de se considerar os conhecimentos prévios dos alunos em sua prática de sala de aula. Isso pode sugerir que estudar quais são as concepções alternativas e os obstáculos epistemológicos levou as licenciandas a entenderem a importância de se considerar tais dificuldades em seu planejamento.

Apesar de as licenciandas saberem os princípios da abordagem definida, elas não conseguiram justificar a importância do ensino de Forças de Interação Intermoleculares a partir dos objetivos do Ensino por Investigação.

Ao justificarem a importância de se ensinar esse conteúdo, Pamela argumentou que esse é um conhecimento que foi sistematizado e, por isso, um aluno teria o direito de aprender, para que o conhecimento pudesse ser humanizado. Shulman respondeu que esse é um argumento forte e válido, porém não condizente diretamente com o Ensino por Investigação.

Em seguida, Pamela tentou trazer outra justificativa, dizendo que seria importante ensinar Forças de Interação Intermoleculares para que os estudantes fossem capazes de explicar os fatos do cotidiano. Julie e Shirley concordaram com essa segunda justificativa.

O professor formador, então, releu com as licenciandas o objetivo do Ensino por Investigação, destacado por elas na elaboração da Tarefa 4:

[...] um dos objetivos dessa metodologia é criar um ambiente investigativo de maneira que se torne possível a aprendizagem dos alunos [...] ³¹, que poderão de forma gradual aumentar a sua cultura

³¹ O professor formador pula um trecho do que foi escrito pelas licenciandas, para focar mais diretamente ao trecho que discute os objetivos do Ensino por Investigação.

científica, compreendendo a linguagem científica e atingindo a alfabetização científica (DADOS DA PESQUISA, grifo nosso).

Shulman reforçou, assim, que um professor investigativo deseja que seus alunos aprendam o conteúdo de Forças de Interação Intermoleculares para que avancem do conhecimento espontâneo e alcancem o conhecimento científico, sendo capazes de explicar os fenômenos a partir de teorias científicas.

A reunião de orientação promoveu uma discussão no sentido de relacionar, de forma concreta, os princípios de uma abordagem metodológica à importância do ensino de um conteúdo científico.

As licenciandas demonstraram, por outro lado, terem se apropriado das etapas da abordagem metodológica e até se aprofundaram nas discussões, buscando estratégias que pudessem ser utilizadas no ensino remoto e que ainda assim contemplassem o ensino investigativo. Assim, quando perguntadas se já tinham pensado em como adaptar o ensino investigativo para o ensino a distância, elas sugeriram a utilização de estratégias como uso de estudos de caso, uso de jogos e utilização da experimentação a partir de experimentos de fácil manejo e passíveis de serem realizados pelos alunos nas suas casas.

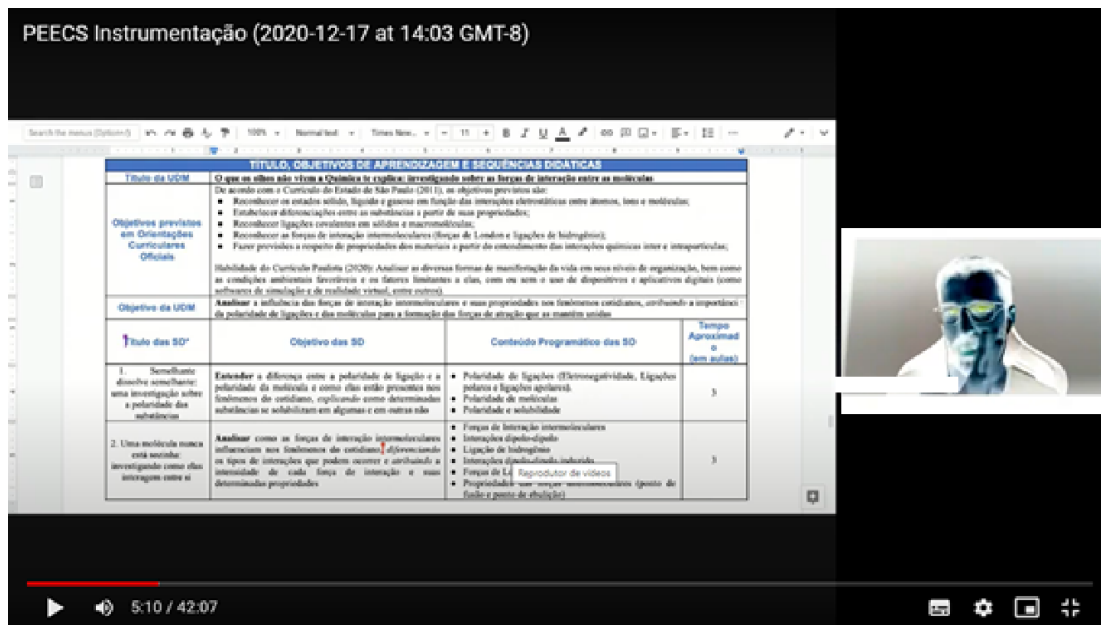
Acredita-se que a discussão realizada durante essa reunião de orientação incida, principalmente, sobre o componente Orientações para o Ensino de Ciências, tornando as escolhas de ensino mais coerentes com a orientação adotada. Isso porque, durante a reunião, Shulman enfatiza o fato de a metodologia de ensino moldar os demais elementos do planejamento didático-pedagógico, ou seja, apesar de ser possível o professor possuir mais de uma orientação, ao definir sua metodologia de ensino, essa deve guiar a definição dos objetivos geral e específico e moldar as estratégias didáticas e de avaliação.

Na quinta reunião de orientação (**Figura 32**), discutiu-se sobre a elaboração da Tarefa 5 – Definição dos objetivos de aprendizagem. Essa costuma ser uma tarefa bastante difícil para os licenciandos, que precisam entender a Taxonomia de Bloom Revisada e aplicá-la para a definição dos objetivos da UDM. São definidos o objetivo geral e os objetivos específicos para cada SD. As licenciandas propuseram 3 objetivos, sendo um deles o geral e os outros dois para cada uma das SD planejadas.

O professor formador analisou primeiramente se a Taxonomia de Bloom Revisada estava sendo bem utilizada. Os objetivos estavam com os verbos no

infinitivo e no gerúndio coerentes e o nível cognitivo ascendente. Em relação à abordagem metodológica, Ensino por Investigação, os objetivos propostos também estavam coerentes.

PEECS Instrumentação (2020-12-17 at 14:03 GMT-8)



TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Título da UDM
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais
 De acordo com o Currículo do Estado de São Paulo (2011), os objetivos previstos são:
 • Reconhecer os estados sólido, líquido e gasoso em função das interações eletrostáticas entre átomos, íons e moléculas;
 • Estabelecer diferenciações entre as substâncias a partir de suas propriedades;
 • Reconhecer ligações covalentes em sólidos e macromoléculas;
 • Reconhecer as forças de interação intermoleculares (forças de London e ligações de hidrogênio);
 • Fazer previsões a respeito de propriedades dos materiais a partir do entendimento das interações químicas inter e intramoleculares;
 Habilidade do Currículo Paulista (2020): Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Objetivo da UDM
Analisar a influência das forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos cotidianos, atribuindo a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das forças de atração que as mantêm unidas.

Título das SD	Objetivo das SD	Conteúdo Programático das SD	Tempo Aproximado (em aulas)
1. Semelhante dissolvido semelhante: uma investigação sobre a polaridade das substâncias	Entender a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade da molécula e como elas estão presentes nos fenômenos do cotidiano, explicando como determinadas substâncias se solubilizam em algumas e em outras não	- Polaridade de ligações (Eletronegatividade, Ligações polares e ligações apolares) - Polaridade de moléculas - Polaridade e solubilidade	3
2. Uma molécula nunca está sozinha: investigando como elas interagem entre si	Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nos fenômenos da vida cotidiana, diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo a intensidade de cada força de interação e suas determinadas propriedades	- Forças de interação intermoleculares - Interações dipolo-dipolo - Ligação de hidrogênio - Interações dipolo-induzido-induzido - Forças de L_v Repulsão de van der Waals - Propriedades que sempre necessitam ser dadas de forma e ponto de ebulição	3

Figura 32. Reunião de orientação para discutir a Tarefa 5 da elaboração de uma UDM.
Fonte: Print screen da tela durante a reunião de orientação no Google Meet.

Objetivo Geral proposto inicialmente: ***Analisar a influência das forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos cotidianos, atribuindo a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das forças de atração que as mantêm unidas.***

Objetivos específicos propostos inicialmente: ***1) Entender a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade da molécula e como elas estão presentes no fenômenos do cotidiano, explicando como determinadas substâncias se solubilizam em algumas e em outras não; 2) Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nos fenômenos do cotidiano, diferenciando os tipos de interação que podem ocorrer e atribuindo a intensidade de cada força de interação e suas determinadas propriedades.***

Foi possível notar, no entanto, que as dificuldades apresentadas durante a elaboração das Tarefas 2 e 3 se mostraram um obstáculo para a proposição de objetivos mais claros e concretos. Como mencionado, a dificuldade não foi a utilização dos princípios da Taxonomia de Bloom Revisada em si, mas nas

relações existentes entre os tópicos do conteúdo programático. Essa dificuldade pode ter se dado em virtude das dificuldades já observadas no conhecimento do conteúdo, demonstrando que esse conhecimento é necessário para o estabelecimento de objetivos de aprendizagem pelo professor.

Destaca-se que os conceitos principais aparecem como conceitos a serem desenvolvidos: polaridade das ligações, polaridade das moléculas, Forças de Interação Intermoleculares, propriedades físicas das substâncias. Porém, a relação entre esses conceitos não se mostrou ainda bem estabelecida.

Na enunciação do objetivo geral, pode-se notar que as licenciandas ainda mantiveram uma relação causa e efeito equivocada entre as propriedades físicas das moléculas e as forças de interação, demonstrando que parecem entender que as Forças de Interação Intermoleculares possuem propriedades físicas. Nota-se nas licenciandas um obstáculo epistemológico do tipo substancialista³².

Sobre os objetivos específicos, pode-se dizer que, apesar de não estarem concretos e tão bem formulados, eles procuraram atender alguns aspectos elencados na UDM, durante a elaboração da Tarefa 3, que deveriam ser reforçados nas aulas, tais como:

- As propriedades físicas são resultado das Forças de Interação Intermoleculares;
- As polaridades de ligação (ou a quantidade delas) não irão, necessariamente, determinar a polaridade das moléculas, o que determina é a geometria molecular, a eletronegatividade dos elementos e a força do momento de dipolo elétrico dos elementos.

Após a discussão trazida pelo professor formador, as licenciandas concordaram que o objetivo geral estava mal formulado. Os objetivos específicos também foram lidos e refletidos, no sentido de torná-los mais concretos. Uma sugestão trazida pelo professor formador foi especificar melhor o que elas estavam chamando de fenômenos do cotidiano, de forma até a facilitar o planejamento das aulas, nas duas próximas tarefas.

Após a reunião, os novos objetivos definidos foram:

³² O obstáculo substancialista pode ser definido como a tentativa de coisificar noções abstratas, fazendo corresponder a toda qualidade uma substância. Assim, observa-se que as propriedades das substâncias são atribuídas às forças de interação. Quando, o que realmente é cientificamente correto é que devido ao tipo de forças de interação entre as moléculas as propriedades são observadas nas substâncias.

Objetivo geral final: **Analisar as diferentes propriedades específicas (Solubilidade, Tensão Superficial e P.E) de substâncias a partir das forças intermoleculares, *atribuindo* essas diferenças aos tipos de interação que podem ocorrer entre as moléculas dependendo da geometria e polaridade que essas moléculas investigadas apresentam.**

Objetivos específicos: **1) Entender quais os fatores que influenciam na miscibilidade de substâncias, *explicando* a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade das moléculas com base em suas geometrias espaciais e como as polaridades apresentadas influenciam na solubilidade de determinadas substâncias; 2) Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (Solubilidade, Tensão Superficial e Ponto de Ebulição), *diferenciando* os tipos de interações que podem ocorrer e *atribuindo* a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas.**

Como se observa desses novos objetivos, a relação entre polaridade das ligações e das moléculas, forças de interação intermoleculares e propriedades das substâncias está adequado, ou seja, a polaridade de ligação, das moléculas e até a geometria delas influenciam no tipo de interação, que, por sua vez, é responsável pelas propriedades específicas das substâncias moleculares.

As duas últimas reuniões se propuseram a discutir a elaboração das Tarefas 6 e 7. Julie apresentou a UDM inteira, porém as discussões foram mais rigorosas na segunda SD, que é a que foi aplicada. O professor orientador mais uma vez elogiou a sequência elaborada, dizendo que ela estava coerente com o Ensino por Investigação e foi apenas sugerindo adequações com relação ao tempo das atividades. Uma sugestão importante foi dada com relação à aplicação de um estudo de caso proposto na primeira SD. As licenciandas não tinham pensado na disponibilização de um material de apoio para a resolução do caso. Porém, o professor formador esclareceu que, se não houvesse disponibilização de material, haveria a necessidade de uma discussão anterior sobre fontes de pesquisa confiáveis.

Nenhuma das licenciandas já tinham dado aula anteriormente (ou seja, não realizaram com frequência o ciclo planejar – ensinar – refletir), o que demonstra que ainda não possuíam bem desenvolvido o ePCK, que auxiliaria na hora de definir qual o tempo seria necessário para a resolução de um estudo de

caso, por exemplo. E não possuíam o conhecimento aprofundado dos alunos, para prever as dificuldades na hora de fazer uma pesquisa.

Para as aulas que seriam aplicadas na instituição, a ideia era que fossem feitos dois vídeos com experimentos no primeiro deles e, no segundo, a sistematização dos conteúdos. Para garantir que a SD, mesmo a distância, mantivesse, pelo menos, as principais características do Ensino por Investigação, as licenciandas sugeriram que, após o vídeo com os experimentos, fosse enviado um formulário ou mesmo fosse pedido aos estudantes que entregassem um relatório, na tentativa de que houvesse levantamento de hipóteses e de concepções alternativas.

O professor formador ressaltou que, das opções apresentadas, o relatório talvez fosse o mais inviável, considerando o contexto remoto. Então, ele sugeriu que as licenciandas pesquisassem se seria possível incluir questões durante a exibição do vídeo.

Após uma semana, as licenciandas buscaram e encontraram um aplicativo que permitiria inserir questões durante a exibição de um vídeo. As questões poderiam ser abertas ou não, mas o vídeo só continuaria se o estudante respondesse às questões. Assim, estaria garantida a interação e o levantamento de hipóteses. O segundo vídeo, então, seria de sistematização dos conteúdos e, para isso, as licenciandas levaram para a reunião de orientação o roteiro esquematizado de como seria o vídeo. A descrição das aulas consta no **Apêndice C**³³. Na **Figura 33**, consta um *print screen* da aula que continha os experimentos.

³³ As aulas não foram analisadas, mas serviram como contexto e pano de fundo para as discussões realizadas buscando investigar o desenvolvimento do PCK.



Figura 33. Experimento 3 preparado pelas licenciandas em uma das aulas propostas pelas licenciandas.

Fonte: *Print screen* da aula preparada pelas licenciandas.

Mais uma vez o professor foi sugerindo pequenas alterações, como a inclusão e/ou exclusão de alguns itens não tão importantes, visando que o vídeo não ficasse extenso, pois a professora da turma orientou que os vídeos tivessem no máximo 20 minutos cada, em função de possíveis problemas de conexão de *internet* ou de pacote de dados dos estudantes da escola.

Em resumo, pode-se dizer que as discussões abarcaram os diferentes componentes do PCK, tais como: conhecimento do currículo de Química, da compreensão dos alunos sobre Química, das estratégias didáticas e da abordagem metodológica e suas características.

A **Figura 34** traz um resumo das discussões e deliberações realizadas durante as reuniões de orientação e que podem ser consideradas o cPCK construído coletivamente.

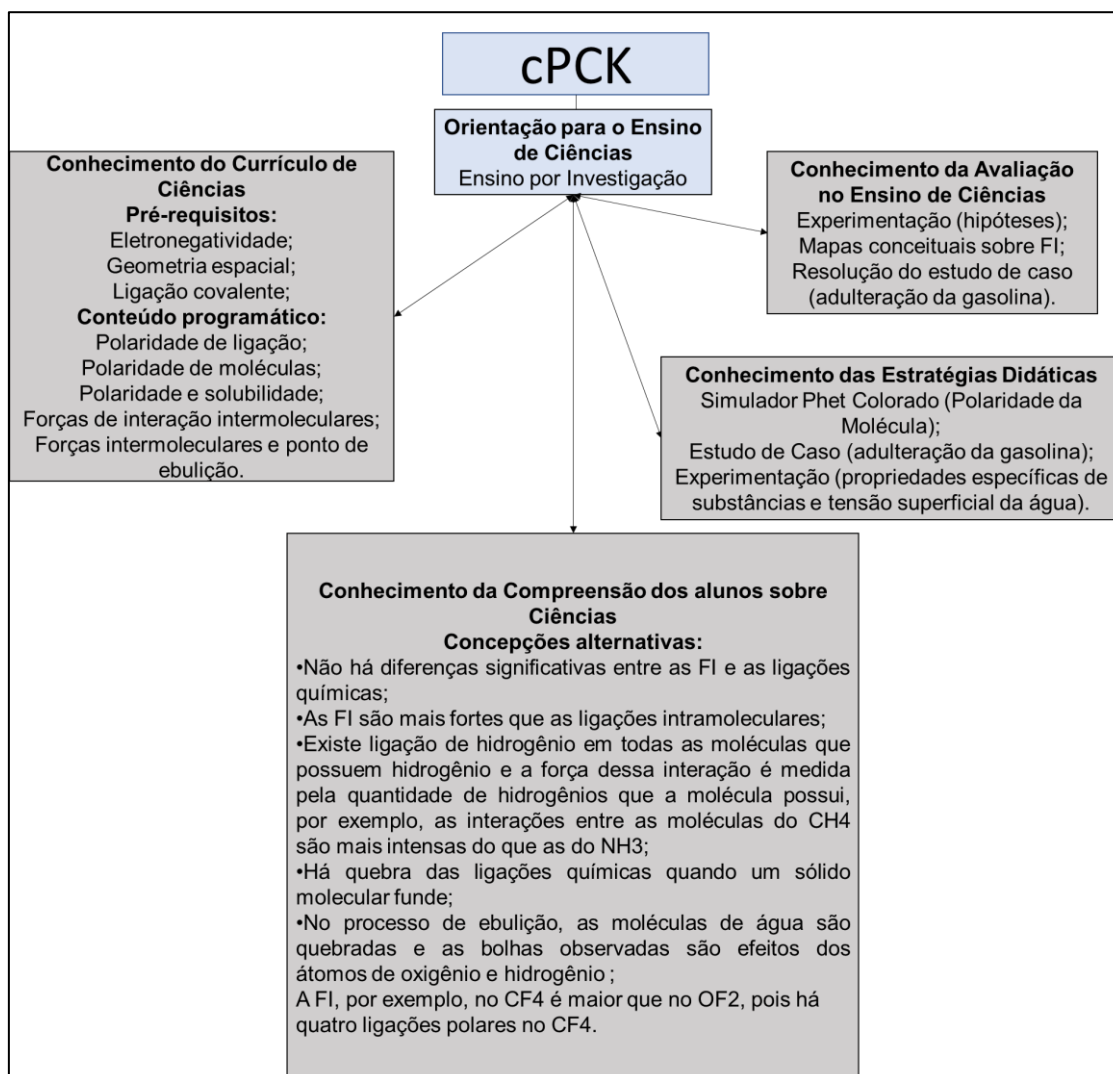


Figura 34. Síntese do cPCK construído durante as reuniões de orientação.
Fonte: Elaboração própria.

Na próxima seção, é realizada a análise da primeira versão da UDM desenvolvida pelas licenciandas.

5.3 Análise da 1ª versão da UDM

Apresenta-se, aqui, a análise da 1ª versão da UDM desenvolvida pelas licenciandas. Considera-se como 1ª versão da UDM o conjunto de tarefas elaboradas pelas alunas antes das reuniões de orientação com o professor formador. Lembrando que a cada nova semana uma tarefa era enviada e debatida. A 2ª versão, ou versão da intervenção, é a versão entregue ao final

das 7 reuniões de orientação e a que foi implementada parcialmente na escola parceira.

Uma síntese das principais características da 1ª versão da UDM elaborada está sumarizada no **Quadro 30**. As tarefas completas estão apresentadas nos PaPeR (**Apêndice B**).

Quadro 30. Caracterização da primeira versão da UDM elaborada pelas licenciandas.

UDM	PRIMEIRA VERSÃO DA UDM
Disciplina	Química
Ano/turma	2º INFO B
Contexto geral de aplicação	Instituição Ensino Médio com Técnico Integrado
Estrutura geral da escola	Em sua estrutura, a escola possui laboratórios de informática, laboratórios da área da indústria e a oficina mecânica situados nos blocos J e I, também comporta biblioteca para todos os alunos dos cursos com livros variados, além da cantina e uma quadra de esportes. Oferece aulas nos três períodos, sendo que no período matutino ocorrem as aulas do Ensino Médio, e o período noturno é destinado ao curso superior. Nos períodos da manhã e tarde realizam-se os cursos técnicos.
Alunos	20 alunos
Duração/ Número de SD	6 aulas: SD1 – Semelhante dissolve semelhante: uma investigação sobre a polaridade das substâncias (3 aulas); SD 2 – Uma molécula nunca está sozinha: investigando como elas interagem entre si (3 aulas).
Conteúdo programático	Polaridade de ligações (Eletronegatividade, Ligações polares e ligações apolares); polaridade de moléculas; polaridade e solubilidade; Forças de Interação intermoleculares (Interações dipolo-dipolo, Ligação de hidrogênio, Interações dipolo-dipolo induzido); Forças intermoleculares e ponto de ebulição.
Pré-requisitos para a UDM	O modelo de Rutherford e a natureza elétrica dos materiais; o modelo de Bohr e a constituição da matéria; o uso do número atômico como critério para organizar a tabela periódica; ligações químicas (iônica, covalente e metálica) em termos de forças elétricas de atração e repulsão; transformações químicas como resultantes de quebra e formação de ligações; previsões sobre tipos de ligação dos elementos a partir da posição na tabela periódica; geometria espacial das moléculas.
Objetivo geral da UDM	Analisar a influência das forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos cotidianos atribuindo a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das interações entre as moléculas.
Objetivos específicos	Entender o que é polaridade de ligação e das moléculas e como elas estão presentes no cotidiano explicando como determinadas substâncias se solubilizam em algumas e não em outras; Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nos fenômenos do cotidiano diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo suas determinadas propriedades.
Abordagem metodológica	Ensino por Investigação
Estratégias didáticas	TIC; Resolução de estudo de caso; utilização de experimentação; aula expositiva; elaboração de mapa conceitual.
Recursos didáticos	Computador ou celular com <i>internet</i> ; Simulador interativo; Powerpoint.

Instrumentos de avaliação	Resolução do Estudo de Caos; estudo dirigido, relatórios e mapas conceituais.

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Em síntese, as licenciandas planejaram os conteúdos relacionados às Forças de Interação Intermoleculares, objetivando que ao final da UDM os alunos fossem capazes de “Analisar a influência das forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos cotidianos atribuindo a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das interações entre as moléculas”. A abordagem metodológica proposta foi o Ensino por Investigação, que seria desenvolvido em 6 aulas, divididas em duas SD.

A UDM foi planejada para uma turma da 2ª série do Ensino Médio integrado com o curso de Técnico de Informática. Para atender a necessidade de pluralidade metodológica, as licenciandas propuseram a utilização das TIC, resolução de estudos de caso, aula expositiva e utilização da experimentação e a elaboração de um mapa conceitual.

A análise apresentada nesta seção utilizou como base o instrumento apresentado na subseção 4.5.3 deste trabalho. O **Quadro 31** resume os critérios que são analisados a seguir.

Quadro 31. Quadro síntese do instrumento de análise textual da UDM.

Critérios A: orientar a análise da interação entre os elementos do planejamento de uma UDM	Critérios B: orientar a análise da articulação entre os elementos do planejamento e a abordagem metodológica
A1: Adequação das estratégias e recursos em relação ao contexto	B1: Adequação dos conteúdos com os princípios pedagógicos da abordagem metodológica
A2: Adequação do conteúdo em relação ao nível e período de ensino	B2: A abordagem metodológica possibilita o trabalho com concepções alternativas e/ou obstáculos epistemológicos
A3: Adequação dos objetivos à estrutura da Taxonomia de Bloom Revisada	B3: Adequação dos objetivos geral e específicos com os propósitos da abordagem metodológica
A4: Adequação dos níveis das dimensões do processo cognitivo e conhecimento do objetivo geral em relação aos específicos	B4: Adequação das atividades propostas na UDM com os princípios fundamentais da abordagem metodológica
A5: Proposição das múltiplas estratégias didáticas	B5: Adequação das estratégias didáticas propostas com os princípios da abordagem metodológica
A6: Adequação das estratégias em relação aos objetivos de aprendizagem definidos	B6: Adequação das estratégias/ instrumentos de avaliação com os princípios da abordagem metodológica.
A7: Adequação das estratégias de avaliação em relação aos objetivos de aprendizagem definidos	

A8: Adequação dos recursos e ambientes para se trabalhar com as estratégias propostas	
A9: Proposição de tempos extras para atividades que não sejam diretamente relacionadas com o ensino e aprendizagem	

Fonte: Adaptado de Morales (2021, p. 236).

O critério A1 foi considerado adequado, uma vez que todas as estratégias didáticas sugeridas eram passíveis de serem realizadas mesmo diante da especificidade do ensino remoto. As licenciandas buscaram no planejamento propor aulas síncronas e assíncronas, de acordo com as orientações dadas pela professora da turma.

Os experimentos propostos utilizaram materiais de fácil manipulação e aquisição, não sendo necessário requisitar materiais de laboratórios químicos da Instituição, que, por conta da pandemia, poderia estar em regime de trabalho restrito.

Em relação ao critério A2, é necessário analisar se os conteúdos relacionados às Forças de Interação estão presentes nas orientações curriculares oficiais e se estão adequadas para a turma proposta. O Currículo Paulista para o Ensino Médio (SEDUC – SP, 2023a) sugere a discussão das forças de interação interpartículas na disciplina de Química na unidade temática “vida, terra e cosmos”. Segundo o documento, os alunos devem analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da vida, da Terra e do Cosmos para fundamentar decisões éticas e responsáveis. Para isso, precisam analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

Em 2020, não havia iniciado a implementação do Novo Ensino Médio³⁴. Assim, de acordo com as orientações curriculares do referido ano, no estado de São Paulo, a temática das Forças de Interação Intermoleculares deveria ser trabalhada na 2ª série do Ensino Médio, 3º bimestre (SEDUC - SP, 2023b).

Pode-se dizer, então, que o ensino de Forças de Interação Intermoleculares no 2º semestre de 2020 para uma turma de 2ª série do Ensino

³⁴ O Novo Ensino Médio passou a ser implementado no ano de 2021 para a 1ª série do Ensino Médio, 2022 para a 2ª série e, em 2023 para a 3ª série. Esse modelo de Ensino Médio alinha a formação geral básica aos componentes do Inova e Aprofundamentos curriculares, a partir do Itinerários formativos.

Médio estava de acordo com as orientações vigentes à época e, A2 foi considerado adequado.

O critério A3 considerou a adequação dos objetivos à Taxonomia de Bloom. Mais especificamente, esse critério foi avaliado em relação à escolha dos verbos no infinitivo e no gerúndio, à apresentação dos conteúdos, das formas de alcançá-los e de avaliá-los.

Os objetivos propostos estão no **Quadro 32**, com os verbos no infinitivo e no gerúndio destacados.

Quadro 32. Objetivos geral e específicos da primeira versão da UDM.

Objetivo	Proposta
Objetivo geral	Analisar a influência das forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos cotidianos atribuindo a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das interações entre as moléculas.
Objetivo específico 1	Entender o que é polaridade de ligação e das moléculas e como elas estão presentes no cotidiano explicando como determinadas substâncias se solubilizam em algumas e não em outras.
Objetivo específico 2	Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nos fenômenos do cotidiano diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo suas determinadas propriedades.

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Ao analisar a adequação dos objetivos à Taxonomia de Bloom revisada, pode-se inferir que as licenciandas utilizaram de maneira correta os verbos no infinitivo com seus gerúndios possíveis: Analisar/ atribuindo; entender/ explicando; analisar/ diferenciando/ atribuindo.

Para análise da estrutura de conteúdo, meio de alcançá-lo e avaliação, elaborou-se o **Quadro 33**.

Quadro 33. Objetivos, conteúdos, forma de alcançá-los e avaliação.

Objetivo	Conteúdos	Meio e critério de avaliação
Objetivo geral	Forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos do cotidiano	Atribuindo a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das interações entre as moléculas
Objetivo específico 1	Polaridade de ligação e das moléculas e a presença delas no cotidiano	Explicando como determinadas substâncias se solubilizam em algumas e não em outras
Objetivo específico 2	Forças de interação intermoleculares e a influência nos fenômenos do cotidiano	Diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo suas determinadas propriedades

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Como pode ser observada no **Quadro 33**, a estrutura desenvolvida pelas licenciandas para os três objetivos propostos está de acordo com a Taxonomia de Bloom Revisada. Pode-se identificar conteúdo, estratégias para desenvolver os objetivos e instrumento avaliativo. Porém, como já mencionado, os objetivos apresentam problemas relacionados às relações entre os conteúdos científicos, isso porque, ao enunciar o objetivo geral, as licenciandas ainda mantiveram uma relação causa e efeito equivocada entre as propriedades físicas das moléculas e as forças de interação, demonstrando que parecem entender que as Forças de Interação Intermoleculares possuem propriedades físicas. Foi observada a presença de um obstáculo epistemológico do tipo substancialista. Assim, A3 foi considerado parcialmente adequado.

O critério A4 considera a abrangência do objetivo geral em relação aos específicos e a distribuição desses objetivos no quadro do processo cognitivo (**Quadro 34**). Nesse quadro, os objetivos propostos pelas licenciandas são analisados quanto às dimensões conhecimento e processo cognitivo.

Quadro 34. Objetivos propostos pelas licenciandas quanto às dimensões conhecimento e processo cognitivo.

Dimensão conhecimento	Dimensão processo cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Efetivo/ Factual						
Conceitual/ Princípios		Objetivo 1		Objetivo geral e objetivo 2		
Procedimental						
Metacognitivo						

Fonte: Elaboração própria.

O quadro revela que todos os objetivos estão na mesma dimensão conhecimento (dimensão conceitual/ princípios). Os objetivos foram classificados nessa dimensão, por pretenderem a aplicação de conhecimentos básicos em um contexto mais elaborado, como o entendimento dos fenômenos do cotidiano, por exemplo.

O objetivo geral deve estar em um nível da dimensão processo cognitivo e conhecimento igual ou superior aos níveis dos objetivos específicos. Assim, não é um problema o objetivo geral estar no mesmo nível cognitivo que o objetivo 2. No entanto, seria adequado que a dimensão conhecimento tivesse uma

estrutura hierárquica que não foi observada. Todos os objetivos estarem na mesma dimensão conhecimento pode ser considerado um problema, em função de, por exemplo, outras dimensões mais complexas como a dimensão procedimental e metacognitivo não estarem sendo exploradas.

Por fim, pode-se inferir que seriam necessários alguns ajustes na dimensão conhecimento e, como mencionado e sugerido pelo professor formador durante a reunião de orientação apresentada na seção anterior, seria importante definir melhor o que as licenciandas estavam chamando por fenômenos do cotidiano. Além disso, foram observados problemas conceituais, já discutidos, envolvendo a definição dos objetivos. Em relação à A4, a UDM foi classificada como inadequada.

O critério A5 investiga a utilização de múltiplas estratégias didáticas. As licenciandas propuseram no planejamento a utilização de TIC; resolução de estudo de caso; utilização de experimentação; aula expositiva; elaboração de mapa conceitual. Logo, o critério A5 foi considerado adequado.

Quando as licenciandas pensaram nas estratégias didáticas, elas já haviam participado da reunião de orientação da Tarefa 5 e, logo, os objetivos de aprendizagem já tinham sido debatidos e repensados. Assim, é importante esclarecer aqui, que as estratégias foram propostas para atender aos seguintes objetivos já reformulados:

- **Objetivo geral:** Analisar as diferentes propriedades específicas (P.F, P.E. e solubilidade) de substâncias a partir das forças intermoleculares, atribuindo essas diferenças aos tipos de interação que podem ocorrer entre as moléculas dependendo da geometria e polaridade que essas moléculas investigadas apresentam.
- **Objetivos específicos:** Entender quais os fatores que influenciam na miscibilidade de substâncias, explicando a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade das moléculas com base em suas geometrias espaciais e como as polaridades apresentadas influenciam na solubilidade de determinadas substâncias; Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (P.F, P.E. e solubilidade), diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas.

A6 foi considerado parcialmente adequado. Na primeira SD, as estratégias escolhidas para desenvolver o objetivo foram o uso das TICs (simulador Phet Colorado) e o estudo de caso. Mas, ao usar o verbo “entender” espera-se que o estudante apenas estabeleça uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. Porém, ao manipular um simulador e resolver um estudo de caso, espera-se que o aluno execute ou use um procedimento numa situação específica, aplicando o conhecimento numa situação nova. Assim, ficaria mais adequado se as licenciandas tivessem feito uso do verbo aplicar ao invés de entender. Os demais objetivos estão coerentes com as estratégias utilizadas.

As propostas de avaliação foram resolução do caso, entrega de relatórios e do estudo dirigido, como está sintetizado no **Quadro 35**.

Quadro 35. Objetivos específicos e instrumentos de avaliação/ materiais de aprendizagem correspondentes.

Objetivo específico	Instrumento de avaliação/ Materiais de aprendizagem	Estratégias de avaliação
Entender quais os fatores que influenciam na miscibilidade de substâncias, explicando a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade das moléculas com base em suas geometrias espaciais e como as polaridades apresentadas influenciam na solubilidade de determinadas substâncias.	Estudo dirigido; Estudo de caso “Adulteração da Gasolina”. Os alunos serão avaliados por meio da entrega dos estudos dirigidos realizados em grupos de 5 alunos e por meio da primeira versão da resolução do Caso, realizada durante a aula em grupos.	Os alunos serão avaliados de forma continuada, ao longo das atividades realizadas, por meio da participação e da resolução do Estudo Dirigido e do Estudo de Caso, que deverão ser realizadas em grupos. A resolução do Caso poderá ser corrigida e entregue novamente após a sistematização dos conceitos em sala de aula.
Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (P.F, P.E. e solubilidade), diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas.	Estudo dirigido; vídeo do experimento; vídeo explicativo das forças. Os alunos serão avaliados pelas respostas do estudo dirigido que será aplicado individualmente, por meio de relatórios produzidos por eles e mediante confecção de mapas conceituais, que serão corrigidos pela professora e os alunos terão a chance de refazer com as possíveis correções feitas pela professora.	Os alunos serão avaliados de forma continuada durante o levantamento de hipóteses do experimento, do relatório da versão final em que deverão se embasar cientificamente, além do mapa conceitual ao final da SD, em que deverão relacionar os conteúdos aprendidos durante a UDM. As atividades poderão ser refeitas e entregues novamente após correção.

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Ao analisar o objetivo específico 1, os instrumentos de avaliação e os materiais de aprendizagem propostos, pode-se observar que apresentam coerência e estão bem articulados. O estudo dirigido proposto pelas licenciandas tinha como finalidade guiar o uso do simulador *Phet Colorado* “Polaridade da Molécula” e, em seguida, propunha que os estudantes respondessem algumas perguntas no sentido de investigar o entendimento sobre polaridade das moléculas e de ligação. Já o estudo de caso relata o que aconteceu com o Sr. Carlos que, ao ler uma manchete de jornal sobre adulteração da gasolina, resolve testar a qualidade do combustível que abastece seu carro. Ao final, foram propostas 4 questões para que os alunos respondessem sobre o caso.

O objetivo 2 seria avaliado mediante resposta dos alunos para o estudo dirigido, a confecção de um relatório após assistirem o vídeo com experimentos e, ao final, a elaboração de mapas conceituais. Observa-se, nesse momento, que a elaboração de um relatório precisaria ser discutida de forma que os alunos pudessem entender qual a estrutura do relatório e o que é e como fazer esse relatório. Durante a aula, essas discussões não foram previstas. Assim, a elaboração de um relatório pode não ser a melhor forma de verificação da aprendizagem desse objetivo, uma vez que a elaboração do documento pode ser um desafio.

Foi proposta também a elaboração de um mapa conceitual. Para essa avaliação as licenciandas propuseram uma explicação do que é e como fazer um mapa. Por essa razão pode-se dizer que a avaliação é adequada ao objetivo. Porém, questiona-se, também, se somente a elaboração de um dos instrumentos apenas não seria suficiente para avaliar o objetivo em questão, uma vez que a elaboração de um mapa já pode ser complexa e desafiadora. Por essas razões, A7 foi considerado parcialmente adequado.

Os recursos didáticos propostos foram: Computador ou celular com *internet*; Simulador interativo; *Powerpoint*. Destaca-se, porém, que para realizar o estudo dirigido na SD 1, os alunos precisariam consultar algum material extra ou, então, receberem orientações sobre fontes de pesquisa. Assim, as licenciandas poderiam propor a exibição de algum vídeo ou a leitura de algum texto já pronto ou mesmo adaptado por elas (se o texto fosse preparado pelas

licenciandas, de acordo com o entendimento da RIPEQ, seria considerado material de aprendizagem³⁵). Assim, A8 foi considerado parcialmente adequado.

As licenciandas previram a utilização de tempos para a divisão de grupos no ambiente virtual de aprendizagem, porém não foi destinado tempo para a realização de atribuição de presença, por exemplo. Assim, A9 foi considerado parcialmente adequado.

Em relação ao 2º bloco do documento que baseou a análise da 1ª versão da UDM, tem-se 6 critérios, B1 a B6, que pretendem avaliar a coerência dos demais elementos do planejamento com a abordagem metodológica definida.

As licenciandas optaram por utilizar o Ensino por Investigação como abordagem metodológica do planejamento.

B1 avalia se os conteúdos a serem trabalhados na UDM possuem coerência com os princípios pedagógicos propostos pela metodologia. Esse critério foi considerado como adequado. Forças de Intermoleculares permitem que se faça investigações envolvendo as concepções de senso comum, de forma a criar um ambiente investigativo em sala de aula.

B2 analisa se a abordagem metodológica permite que se trabalhe algumas concepções alternativas e/ou os obstáculos epistemológicos. As concepções alternativas identificadas para o conteúdo foram:

- Não há diferenças significativas entre as FI e as ligações químicas;
- As FI são mais fortes que as ligações intramoleculares;
- Existe ligação de hidrogênio em todas as moléculas que possuem hidrogênio e a força dessa interação é medida pela quantidade de hidrogênios que a molécula possui, por exemplo, as interações entre as moléculas do CH₄ são mais intensas do que as do NH₃;
- Há quebra das ligações químicas quando um sólido molecular funde;
- No processo de ebulição, as moléculas de água são quebradas e as bolhas observadas são efeitos dos átomos de oxigênio e hidrogênio;
- A FI, por exemplo, no CF₄ é maior que no OF₂, pois há quatro ligações polares no CF₄.

³⁵ Alves e Bego (2020) diferenciam materiais de aprendizagem e recursos didáticos. Para os autores, materiais de aprendizagem seriam preparados por professor e/ou alunos para a realização das atividades específicas na sala de aula. Já os recursos, são meios físicos que dão suporte e são veículos de algum conteúdo.

Acredita-se que o Ensino por Investigação possa promover discussões sobre essas concepções, a partir do confronto entre as ideias de senso comum e as científicas. As licenciandas propuseram a realização de experimentos para, então, realizarem esse confronto e criarem esse ambiente investigativo mesmo que de forma remota. Assim, B2 foi considerado adequado.

Como pode ser observado, o objetivo geral da UDM utiliza o verbo no infinitivo “Analisar”, ou seja, esperava-se que os estudantes conseguissem entender a inter-relação existente em uma informação entre partes relevantes e irrelevantes. As licenciandas, ainda, propuseram que os estudantes relacionassem o conteúdo com os fenômenos do cotidiano que poderiam ser observados.

Os objetivos específicos também foram pensados com o intuito de trazer fenômenos do cotidiano para o confronto das ideias de senso comum com as científicas. Por conta disso, como já discutido, julga-se que o verbo no infinitivo “aplicar” seria mais adequado do que o “entender”. Como é ressaltado por Azevedo (2004, p. 21), em atividades investigativas “a aprendizagem de procedimentos e atitudes se torna, dentro do processo de aprendizagem, tão importante quanto a aprendizagem de conceitos e/ou conteúdos”.

Por essa razão, julgou-se B3 como parcialmente adequado.

O critério B4 analisa se as atividades propostas na UDM permitem que os alunos vivenciem os princípios fundamentais da abordagem metodológica. As licenciandas ao pensarem na sequência das aulas, tentaram seguir a SEI.

Sobre a SEI as licenciandas escreveram:

[...] se iniciando por um problema, que pode ser experimental ou teórico, de forma que os alunos sejam introduzidos nos tópicos desejados e possam pensar e refletir sobre as variáveis relevantes dos fenômenos científicos centrais do conteúdo programático. Após a resolução deste problema levantado, é necessário que seja feita uma sistematização deste conhecimento construído pelos alunos. Normalmente a sistematização é feita por meio de um texto em que os alunos possam refletir sobre suas respostas e comparar com a solução apresentada por esse texto. A terceira atividade proposta envolve a contextualização do conhecimento no cotidiano dos alunos, de forma que eles percebam a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social, também de forma que tenha um aprofundamento (EXCERTO DA UDM).

Em virtude da dificuldade posta pelo ensino remoto, acredita-se que as licenciandas não tenham conseguido contemplar de forma integral as etapas do ensino investigativo. Na primeira SD proposta pelas licenciandas, por exemplo, o ensino investigativo ficou incompleto. As licenciandas não introduziram as aulas com um problema, mas sim apresentando um simulador. Para atender aos requisitos do ensino investigativo, haveria a necessidade de que fosse proposto um problema mesmo que teórico no início das aulas. Uma possibilidade seria a inversão das aulas, ou seja, trazer o estudo de caso como um problema teórico e a partir dele desenvolver os conteúdos.

Na segunda SD, o ensino investigativo foi contemplado de forma mais rigorosa. As aulas se iniciaram com experimentos a fim de confrontar as ideias de senso comum com as ideias científicas. Após o vídeo com experimentos, as licenciandas propuseram a sistematização do conhecimento por meio de uma aula expositiva. Assim, B4 foi considerado parcialmente adequado.

As estratégias didáticas propostas pelas licenciandas foram consideradas coerentes com o ensino investigativo. Portanto, B5 foi considerado adequado.

Em relação às estratégias de avaliação, as licenciandas propuseram a devolutiva do estudo dirigido, a resolução de um estudo de caso, a elaboração de um relatório sobre os experimentos e a elaboração de um mapa conceitual. Considera-se que essas formas de avaliar estejam condizentes com o Ensino por Investigação, pois foge da avaliação tradicional e permite que os estudantes façam reflexões e participem de discussões conceituais em grupos. Além disso, as licenciandas destacaram no planejamento que “as atividades poderão ser refeitas e entregues novamente após correção”. Ou seja, o erro segundo essa concepção de avaliar não é punitivo, mas serve de guia para o processo de ensino e aprendizagem.

Ainda sobre a avaliação no Ensino por Investigação, Carvalho (2013, p. 18) destaca que a avaliação não deve ter:

[...] o caráter de uma avaliação somativa, que visa a classificação dos alunos, mas, sim, uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo. E tais instrumentos de avaliação precisam ter as mesmas características que o ensino proposto. E a proposta das SEIs está pautada na ideia de um ensino cujos objetivos concentram-se tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas como no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica.

Assim, B6 foi considerado adequado.

O instrumento de análise da 1ª versão da UDM produzida pelas licenciandas ficou preenchido como apresentado no **Quadro 36**.

Quadro 36. Análise da 1ª versão da UDM.

Interrelação entre os vários elementos do planejamento didático-pedagógico no modelo da UDM				
ID	Critérios de avaliação	Adequado		
		Sim	Parcialmente	Não
A1)	A UDM pode ser desenvolvida no contexto real da intervenção	X		
A2)	Os conteúdos definidos estão articulados com as orientações curriculares oficiais?	X		
A3)	Os objetivos respeitam a estrutura da taxonomia de Bloom revisada e apresentam coerência com os conteúdos propostos?		X	
A4)	Os níveis da dimensão dos processos cognitivos e conhecimento estão adequados nos objetivos geral e específicos?			X
A5)	São propostas múltiplas estratégias didáticas?	X		
A6)	As estratégias didáticas apresentam correspondências com os objetivos de aprendizagem?		X	
A7)	Os instrumentos/estratégia de avaliação/ materiais de aprendizagem apresentam relação com os objetivos propostos na UDM?		X	
A8)	Os recursos didáticos e a organização da sala estão adequados para trabalhar dentro das premissas das estratégias didáticas?		X	
A9)	As SD preveem tempo para atividades que não estão relacionadas com o conteúdo, com o propósito de adequar tempo e conteúdo?		X	
Abordagem metodológica como eixo axial do planejamento didático-pedagógico no modelo da UDM				
B1)	Os conteúdos são adequados aos princípios estabelecidos pela abordagem metodológica?	X		
B2)	A abordagem metodológica permite trabalhar com algumas concepções alternativas e/ou obstáculos epistemológicos sobre a temática?	X		
B3)	Os objetivos geral e específicos estão definidos de forma coerente com a abordagem metodológica?		X	
B4)	As atividades propostas na UDM estão articuladas com os princípios fundamentais da abordagem metodológica?		X	
B5)	As estratégias didáticas propostas estão relacionadas com os princípios da abordagem metodológica?	X		

B6)	As estratégias/instrumentos de avaliação estão de acordo com os princípios da abordagem metodológica?	X		

Fonte: Elaboração própria.

Na próxima seção, são apresentadas as análises da 2ª versão do CoRe, objetivando identificar o desenvolvimento do pPCK das licenciandas.

5.4 Análise e caracterização do pPCK das licenciandas após implementação da UDM

5.4.1 Análise e caracterização do pPCK de Julie após implementação da UDM

A análise da 2ª versão do CoRe seguiu os procedimentos da análise da 1ª versão. A 2ª CoRe respondida pela licencianda é apresentada no **Quadro 37**.

Quadro 37. CoRe do conteúdo “Forças de interação entre as partículas” preenchido pela Julie após a implementação da UDM.

	Polaridade das ligações e das moléculas, por meio das solubilidades das substâncias	Forças entre as moléculas fundamentam as propriedades físicas da matéria	Propriedades físicas das substâncias moleculares
1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?	A polaridade das ligações e das moléculas	Forças íon-dipolo, forças dipolo-dipolo, forças de London, forças de dipolo-dipolo induzido, ligação de hidrogênio.	Ponto de ebulição
2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?	Ligação polar e apolar entre as substâncias e moléculas	As forças entre as moléculas fundamentam as propriedades físicas da matéria e ajudam a explicar as diferenças entre as substâncias.	
3. O que mais você sabe sobre essa ideia?	Envolve a ligação covalente polar, dipolo elétrico junto com o momento de dipolo elétrico.	As forças intermoleculares são as responsáveis pelos estados físicos das substâncias	
4. Quais as dificuldades e	Dificuldade por ser algo muito abstrato e limitação		

limitações ligadas a essa ideia?			
5. Que conhecimento sobre o pensamento dos estudantes tem influência no seu ensino sobre essa ideia?	A eletronegatividade e suas cargas e forças eletrostáticas.	Geometria espacial molecular Ligação Covalente	Forças intermoleculares
6. Quais outros fatores influem no ensino dessa ideia?	A energia de ionização	A intensidade da força intermolecular	A massa molecular da substância
7. Que procedimentos de ensino você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?	Uso de tic's como o simulador	Slides, simulador e experimentos do cotidiano.	Experimentos do cotidiano para demonstrar o ponto de ebulição na substância
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou confusão dos alunos sobre essa ideia?	Elaborar um texto	Resolver exercícios de vestibular	Elabora um mapa conceitual dos assuntos abordados

Fonte: Dados da pesquisa.

A licencianda Julie respondeu o CoRe de forma remota no dia 23/03/2021. Julie e as outras duas licenciadas, Pamela e Shirley, participaram de uma formação, relembrando o conceito de PCK e o instrumento CoRe.

Passados 123 dias desde a elaboração do 1º CoRe, as licenciandas foram orientadas a responder essa segunda versão, considerando todo o processo percorrido durante a implementação da UDM. As licenciandas não consultaram a primeira versão do instrumento.

O **Quadro 38** sintetiza a análise do CoRe realizada para essa 2ª versão do documento.

Quadro 38. Análise do CoRe respondido pela licencianda Julie após a implementação da UDM.

Conhecimentos	Conhecimento	Resultado
Orientação para o Ensino de Ciências	-	Didática

Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências	Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência	Amplo	Mediano
	Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes	Reduzido	
Conhecimento sobre o Currículo de Ciências	Vertical	Amplo	Amplo
	Horizontal	Amplo	
Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências	Conhecimento das dimensões da aprendizagem em Ciências a serem avaliadas	Reduzido	Mediano
	Conhecimento das estratégias de avaliação da aprendizagem no Ensino de Ciências	Amplo	
Conhecimento sobre as Estratégias Didáticas.	Conhecimento das estratégias específicas das Ciências	Amplo	Amplo
	Conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências	Amplo	

Fonte: Elaboração própria.

Julie explicitou nessa 2ª versão (**Quadro 37**) do CoRe, três ideias centrais: polaridade das ligações e das moléculas, por meio das solubilidades das substâncias; forças entre as moléculas fundamentam as propriedades físicas da matéria; propriedades das substâncias moleculares.

Considerando o componente Orientações para o Ensino de Ciências, classificou-se a orientação da Julie como sendo “didática”, ou seja, cujo objetivo é transmitir os fatos da Ciência. Ao responder às questões 1, 2 e 7, a licencianda destacou que o ensino das ideias seria importante para o entendimento de outros conceitos, por exemplo, o ensino de forças intermoleculares seria necessário, pois ajudam a explicar as diferenças nas propriedades das moléculas. Além disso, propôs-se o uso de aulas tipo palestras ou demonstrações pelo professor, fazendo uso de *slides* e experimentos demonstrativos.

Na 1ª versão do CoRe, a orientação da licencianda Julie foi considerada “rigor acadêmico”. Não se nota, entre as duas orientações, grande diferença na concepção de ensino, visão da Ciência e função do professor e aluno. Assim,

pode-se dizer que a licencianda manteve uma concepção de ensino em que o professor é figura central e de que ensinar fatos da Ciência/Química seriam importantes para o entendimento de outros conceitos e fenômenos.

Esse é um resultado diferente do esperado, uma vez que nas reuniões de orientação foram estudados e discutidos os pressupostos de uma metodologia de ensino (Ensino por Investigação) em que as aulas de Ciências devem promover um aumento da cultura científica e o alcance da alfabetização científica através do confronto entre as ideias de senso comum e ideias defendidas pela Ciência.

Nesse caso, pode-se considerar que as experiências das aulas planejadas por Julie e as outras licenciandas e as reuniões de orientação que discutiram sobre o ensino investigativo podem não ter contribuído para que Julie integrasse em seu pPCK essas concepções metodológicas de ensino. Isso pode ocorrer por diferentes razões. O modelo RCM discute que as crenças de um professor sobre os alunos, sobre a natureza do conhecimento científico e sobre o papel do professor, bem como suas atitudes podem filtrar como um professor desenvolve seu pPCK (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Com relação ao componente Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências, pode-se dizer que Julie manteve seu conhecimento considerado mediano. A licencianda não explicitou nenhuma das concepções alternativas ou obstáculos epistemológicos debatidos nas reuniões de orientação. A licencianda trouxe que uma das dificuldades dos estudantes é a necessária capacidade de abstração. Essa é uma dificuldade necessária para o entendimento de muitos conceitos da Química, porém para superar essa dificuldade, sugeriu nos procedimentos de ensino o uso de TICs, como simuladores e/ou experimentos.

Mais uma vez, questiona-se a falta de elementos do cPCK nas respostas do CoRe e, conseqüentemente, no pPCK de Julie. Nas reuniões de orientação que discutiram a Tarefa 3 – análise didática-pedagógica, Julie ficou responsável por apresentar as concepções alternativas e participou efetivamente das discussões.

Foi observado nessa reunião, em particular, que Julie demonstrou possuir falhas no conhecimento do conteúdo sobre Forças Intermoleculares. Como relatado no PaPeR, “[...] a licencianda Julie tinha mais dificuldades com o conteúdo do que as outras duas, por não ter participado da reunião de orientação

da semana anterior, em que se discutiu a análise científico-epistemológica”. Julie explicitou durante a elaboração da 1ª versão do CoRe uma concepção alternativa sobre o assunto e confundiu interação intermolecular com interação intramolecular.

Assim, percebe-se que a falta de conhecimento de conteúdo sobre Forças de Interação Intermoleculares, somada ao fato de a licencianda não ter participado da reunião de orientação envolvendo a tarefa 2 – análise científico – epistemológica, pode ter contribuído para a não incorporação do cPCK no pPCK envolvendo a compreensão dos alunos sobre Ciências.

O Conhecimento sobre o currículo de Ciências de Julie foi categorizado na 1ª versão do CoRe como reduzido. A licencianda não demonstrou conhecimento sobre todas os tipos de forças intermoleculares, omitindo a ligação de hidrogênio em suas respostas ao CoRe. Além disso, não citou nenhum conteúdo ou tópicos que se articulem com a temática Forças de Interação Intermoleculares, indicando que possuía conhecimento reduzido do currículo vertical.

Na 2ª versão do CoRe (**Quadro 37**), a licencianda também evidenciou as propriedades das substâncias, como ponto de ebulição, um tópico que se articula com a temática das Forças de Interação Intermoleculares. Com relação às ideias centrais, elas mostraram-se em uma sequência adequada de ensino. Ou seja, para Julie, o ensino deveria iniciar com a polaridade das ligações e das moléculas, em seguida, trazer uma discussão sobre solubilidade das substâncias e, depois introduzir o ensino das forças de Interação Intermoleculares, para depois, trabalhar a relação das forças com as propriedades das substâncias.

O conhecimento do currículo horizontal foi desenvolvido no sentido de a licencianda perceber qual a sequência coerente e, além disso, considerou todas as forças de interação. Assim, o Conhecimento sobre o currículo foi considerado amplo. Atribui-se a melhora observada à experiência vivenciada pela licencianda na organização e gravações das aulas. Como descrito no **Apêndice C**, as aulas da licencianda foram divididas em 3. Na primeira, as licenciandas gravaram experimentos de fácil realização visando levantamento de concepções prévias dos estudantes. Em seguida, foi gravada uma aula teórica sistematizando e apresentando aos estudantes o que são as forças de interação intermoleculares

e o que as diferenciam de forças intramoleculares. Após isso, as licenciandas explicaram quais os tipos de forças de interação e o que as diferenciam. Ao final abordaram as propriedades das substâncias e como as forças de interação podem influenciar nessas propriedades.

Cabe destacar que a licencianda Julie ficou responsável por explicar, no 2º vídeo disponibilizado (**Apêndice C**), o experimento envolvendo as diferenças na temperatura de ebulição da água e da acetona. A licencianda usou 9 minutos para sua fala e o trecho descrevendo essa parte da aula é:

Julie, por fim, explica o que acontece no experimento 3. Esse experimento relaciona as Forças Intermoleculares aos pontos de ebulição de dois líquidos (a acetona e a água).

Julie explica então o que é o ponto de ebulição. Ela destaca que no processo de ebulição, as interações entre as moléculas são rompidas, de forma que o líquido vai ao estado gasoso.

Explica-se, então, que na água ocorre interação do tipo ligação de hidrogênio, já na acetona a interação é do tipo dipolo-dipolo. Por ter uma ligação de menor intensidade, comparada com a interação na água, a acetona tem menor ponto de ebulição e, portanto, vai para o estado gasoso mais rapidamente.

Em resumo, Julie esclarece que quanto mais forte for a interação intermolecular, maior será o ponto de ebulição (EXCERTO DA DESCRIÇÃO DA AULA – VÍDEO 2).

Na 2ª versão da CoRe (**Quadro 37**), é possível ver que Julie traz o experimento do ponto de ebulição como um dos possíveis procedimentos de ensino para ensinar as relações entre as forças de interação intermoleculares e as propriedades das substâncias.

Ao sugerir o uso desse experimento, pode-se dizer que o pPCK de Julie sofreu influência do ePCK. Behling, Förtsch e Neuhaus (2022) observaram que entre o pPCK e o ePCK existe um amplificador que os autores denominaram percepção e o raciocínio baseado no conhecimento. Para eles:

[...] percepção é definido como a habilidade do professor de direcionar sua própria atenção para eventos na classe que são relevantes para o ensino e aprendizagem. Raciocínio baseado em conhecimento é definida como a capacidade do professor de classificar esses eventos com base em seu conhecimento profissional (BEHLING; FÖRTSCH; NEUHAUS, 2022, p.4).

Acredita-se que, nesse contexto, Julie experienciou (percepção e raciocínio) o ensino por meio do experimento envolvendo o ponto de ebulição dos líquidos. Ao refletir que foi uma experiência positiva, incorporou em seu pPCK o uso desse experimento.

Inicialmente, classificou-se, por meio da análise da 1ª versão do CoRe, o Conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências de Julie como reduzido. A licencianda não havia mencionado os conceitos que seriam avaliados e nem conseguiu diversificar os instrumentos de avaliação. Na 2ª versão do instrumento, Julie teve o conhecimento considerado como mediano. Isso porque, apesar de não mencionar quais os conceitos que seriam avaliados, a licencianda diversificou os instrumentos, propondo a elaboração de texto, resolução de exercícios de vestibulares e a elaboração de mapas conceituais. A utilização de um mapa conceitual como instrumento de avaliação parece coerente, haja vista que, segundo o exposto no CoRe, essa seria a última das três avaliações. Assim, por meio dessa avaliação, os alunos poderiam explicitar as relações entre os conceitos trabalhados ao longo da sequência de aula sobre Forças de Interação Intermoleculares.

Além disso, esse instrumento de avaliação foi um instrumento discutido e proposto pelas licenciandas na UDM. Pode-se dizer, assim, que o cPCK influenciou no pPCK.

Também com relação ao Conhecimento sobre as estratégias didáticas, observou-se uma melhora no conhecimento de Julie, que após a implementação da UDM foi considerado como amplo. Nessa 2ª versão, a licencianda sugeriu como estratégias didáticas a utilização das TICs (com simulador), o uso de aulas expositivas (com os slides, como material de aprendizagem) e a utilização de experimento (em específico, Julie citou o experimento que discutiu nas aulas). As três estratégias foram planejadas na UDM. A intervenção propriamente dita não envolveu a SD 1. Porém, acredita-se que as discussões envolvendo as tarefas 6 e 7 influenciaram no pPCK de Julie, ampliando-o.

Destaca-se, por fim, que Julie, não revelou manter a concepção alternativa referente a confundir interação intramolecular com interação intermolecular. Apesar disso, ressalta-se que não é possível afirmar que a licencianda desenvolveu a contento o conhecimento do conteúdo que, no início e ainda durante algumas reuniões de orientação, mostrou-se falho. Entretanto, a licencianda, nesse 2º momento, discriminou no CoRe a polaridade das ligações e polaridade das moléculas e explicitou o entendimento da relação entre forças de interação intermoleculares e estados físicos das substâncias.

O excerto revela o que a licencianda explicitou:

As forças intermoleculares são as responsáveis pelos estados físicos das substâncias.

As forças entre as moléculas fundamentam as propriedades físicas da matéria e ajudam a explicar as diferenças entre as substâncias (EXCERTO – CoRe 2ª VERSÃO).

Como foi relatado na reunião de orientação que discutiu a Tarefa 5 – seleção dos objetivos, percebeu-se uma confusão por parte das licenciandas, que no momento de enunciar os objetivos, explicitaram como se as forças intermoleculares possuísem propriedades e não como as propriedades sendo consequência das forças de interação entre as moléculas. Nesse caso, percebe-se que houve um entendimento por parte de Julie.

Na próxima seção, são apresentados os resultados da análise da 2ª versão da CoRe da licencianda Shirley.

5.4.2 Análise e caracterização do pPCK de Shirley após implementação da UDM

A licencianda Shirley respondeu o CoRe de forma remota no dia 23/03/2021. Assim, como Julie, Shirley participou de uma formação, relembrando o conceito de PCK e o instrumento CoRe.

A análise da 2ª versão do CoRe seguiu os procedimentos da análise da 1ª versão. A 2ª versão do CoRe respondida pela licencianda é apresentada no **Quadro 39**.

Quadro 39. CoRe do conteúdo “Forças de interação entre as partículas” preenchido pela Shirley após a implementação da UDM.

	Ligações químicas (ligação covalente, iônica e metálica)	Polaridade das ligações e polaridade das moléculas	Tipos de interações intermoleculares (dipolo permanente, dipolo-dipolo induzido, forças de London e ligações de hidrogênio)	Tensão superficial das substâncias	Influência das interações intermoleculares em algumas propriedades das substâncias (ponto de fusão, ponto de ebulição)
1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?	A diferença entre os tipos de ligação e quando é realizada cada uma delas	A diferença entre polaridade das ligações e polaridade das moléculas, que os elementos mais eletronegativos atraem os elementos menos eletronegativos e que moléculas polares interagem mais facilmente com moléculas polares, e moléculas apolares com moléculas apolares	O que são as interações intermoleculares e qual a diferença entre os tipos de interação	Que as forças de interação vão influenciar na tensão superficial de substâncias	Que os tipos de interações intermoleculares e quais são mais fortes e mais fracas, influenciam diretamente nas propriedades das substâncias
2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?	Porque ela influencia em outros conteúdos como as interações intermoleculares e para alfabetização científica dos alunos	Porque ela também influencia no conteúdo de interações intermoleculares, para a alfabetização científica dos estudantes e porque essa ideia explica alguns fenômenos que ocorrem no dia a dia	Para a alfabetização científica dos estudantes e porque é um conteúdo que explica fenômenos do dia a dia	Porque a tensão superficial explica alguns fenômenos, como o formato esférico de uma gota de água e para a alfabetização científica dos alunos	Porque esse conceito explica fenômenos do dia a dia dos alunos e para a alfabetização científica dos mesmos

3. O que mais você sabe sobre essa ideia?	Que apenas as substâncias em que os átomos realizam ligação covalente existem as forças de interação intermoleculares	Que polaridade das ligações influencia na polaridade da molécula mas não necessariamente se um é polar, o outro também é, e vice versa	Que a interação ligação de hidrogênio é a mais forte e que o tipo de molécula (polar ou apolar) é o que vai definir qual tipo de interação ocorre	Que a água possui a tensão superficial mais alta de todas as substâncias devido a sua interação intermolecular do tipo ligação de hidrogênio, que é uma interação forte	Que se a interação intermolecular for forte, o ponto de fusão e ebulição será mais alto, pois será mais difícil de quebrar a interação
4. Quais as dificuldades e limitações ligadas a essa ideia?	Os alunos podem confundir ligações químicas com interações intermoleculares	Os alunos podem confundir a polaridade das ligações com polaridade das moléculas	Os alunos podem não entender a diferença entre os tipos de interação e não associar o tipo de molécula ao tipo de interação	Os alunos podem confundir as interações intermoleculares com as ligações químicas	Os alunos podem pensar que se a interação for mais forte, os pontos de fusão e ebulição serão mais baixos
5. Que conhecimento sobre o pensamento dos estudantes tem influência no seu ensino sobre essa ideia?	Que os alunos tem dificuldades em distinguir os tipos de ligação e confundem as ligações com as interações intermoleculares, portanto é importante ressaltar essas ideias	A confusão dos alunos sobre a diferença de polaridade de ligação e polaridade da molécula, por isso é importante evidenciar essa diferença	Os alunos confundem as ligações químicas com as interações intermoleculares	Que os estudantes confundem as interações intermoleculares com as ligações químicas e que pode ser difícil de entender que as moléculas da superfície não estão ligadas umas nas outras, mas sim interagindo todo o momento	Que os alunos podem ter dificuldades em relacionar as propriedades das substâncias com o tipo de interação que ocorre entre elas
6. Quais outros fatores influem no ensino dessa ideia?	É necessário os alunos terem conhecimento básico sobre a tabela periódica antes de entender as ligações químicas	A eletronegatividade de um elemento	A polaridade das moléculas e a geometria das moléculas	Os tipos de interações intermoleculares e a força de cada uma delas	Os tipos de interação intermoleculares e quais são mais fortes e quais são mais fracas

7. Que procedimentos de ensino você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?	Aula expositiva, TICs, e mapas conceituais	Poderiam ser utilizadas as TICs por ser um assunto um pouco abstrato	Experimentação, TICs, modelos	Experimentação, TICs, aula expositiva	Experimentação e TICs
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou confusão dos alunos sobre essa ideia?	A realização de mapas conceituais é uma maneira de avaliar se o aluno entendeu a diferença entre os tipos de ligação	Trabalhos em grupo e listas de exercícios	Relatórios de experimentos, listas de exercícios	Utilizando listas de exercícios pedindo para os alunos explicarem o fenômeno é possível observar quais concepções inadequadas os estudantes não superaram para poder dar mais ênfase na ideia correta	Mapas conceituais, relatórios de experimentos, listas de exercícios

Fonte: Dados da pesquisa.

Em oposição à 1ª versão do Core, a licencianda Shirley explicitou as ideias centrais referentes ao ensino de Forças de Interação Intermoleculares e incluiu não mais apenas duas ideias centrais, mas cinco ideias. As ideias centrais elencadas pela Shirley nessa segunda versão do CoRe foram: ligações químicas; polaridade das ligações e polaridade das moléculas; tipos de interações intermoleculares; tensão superficial das substâncias; influência das interações intermoleculares em algumas propriedades das substâncias.

Destaca-se essa primeira mudança como sendo fruto das reuniões de orientação, que parecem ter auxiliado no desenvolvimento do conhecimento do conteúdo de Shirley. Assim como Julie, Shirley não explicitou, na 2ª versão do CoRe (**Quadro 39**), nenhuma concepção alternativa relacionada ao tópico Forças de Interação Intermoleculares.

O **Quadro 40** sintetiza a análise do CoRe de Shirley após a implementação da UDM.

Quadro 40. Análise do CoRe respondido pela licencianda Shirley após a implementação da UDM.

Conhecimentos		Conhecimento	Resultado
Orientação para o Ensino de Ciências		-	Mudança conceitual
Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências	Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência	Amplo	Amplo
	Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes	Amplo	
Conhecimento sobre o Currículo de Ciências	Vertical	Amplo	Amplo
	Horizontal	Amplo	
Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências	Conhecimento das dimensões da aprendizagem em Ciências a serem avaliadas	Reduzido	Mediano
	Conhecimento das estratégias de avaliação da aprendizagem no Ensino de Ciências	Amplo	
Conhecimento sobre as Estratégias Didáticas.	Conhecimento das estratégias específicas das Ciências	Amplo	Amplo

	Conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências	Amplo	

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível observar, nesse segundo momento, a licencianda Shirley revelou uma orientação “mudança conceitual”. Nas respostas às perguntas do CoRe, Shirley demonstra preocupação com a importância de o professor observar as concepções inadequadas dos estudantes, que precisam conseguir explicar cientificamente os fenômenos do cotidiano.

Acredita-se que essa mudança na concepção, se deva às discussões realizadas nas reuniões de orientação da Tarefa 4 – Abordagem metodológica. Isso porque, ao realizar essa tarefa, o professor explicita os princípios metodológicos que vão embasar a definição dos objetivos e a escolha das estratégias didáticas e de avaliação. Na UDM, a definição da abordagem se configura como uma opção prévia do professor.

Vê-se, assim, que as discussões sobre os objetivos e concepções do ensino investigativo (cPCK) influenciou na forma como a licencianda pensa a importância do ensino de Forças de Interação Intermoleculares. Segundo Shirley, é importante que os alunos aprendam sobre polaridade das ligações e polaridade das moléculas, “porque ela também influencia no conteúdo de interação intermoleculares, para a alfabetização científica dos estudantes e porque essa ideia explica alguns fenômenos que ocorrem no dia a dia” (EXCERTO CoRe – 2ª VERSÃO).

Assim, quando Shulman pergunta para as licenciandas “Pensando com a cabeça de um professor investigativo, por que um aluno do ensino médio técnico teria que aprender o conteúdo de forças de interação intermoleculares?” (frase repetida pelo professor em toda reunião de orientação que busca discutir a tarefa 4), está auxiliando na reflexão pelas licenciandas de como deveria ser o ensino por meio dessa abordagem. Isso auxilia tornar explícito o objetivo do ensino por meio da abordagem e quais formas poderiam ser utilizadas. Nesse caso, ainda, o Shulman faz uma importante relação com o contexto de aprendizagem.

Fazendo relação dessa ação com o modelo RCM, pode-se dizer que o que o professor formador faz é transformar o cPCK (conhecimento da literatura sobre a abordagem metodológica) em pPCK contextualizado. Ou seja, as

licenciandas deveriam incorporar o cPCK, porém contextualizá-lo e, assim, planejar o ensino. Julie deu indícios de ter incorporado esse cPCK.

Diferentemente do que se observou na 1ª versão do CoRe, em que Shirley demonstrou ter Conhecimento reduzido da compreensão dos alunos sobre Ciências, nesse 2º momento, a licencianda evidenciou conhecer os conhecimentos prévios e as concepções alternativas para o tema Forças de Interação Intermoleculares.

Shirley trouxe no CoRe as seguintes dificuldades que os estudantes poderiam ter: confundir as ligações com as interações intermoleculares; diferenciar polaridade de ligação e polaridade das moléculas; dificuldade para relacionar as propriedades das substâncias com o tipo de interação que ocorre entre elas. Importante destacar que a licencianda mencionou no CoRe dificuldades que foram observadas por elas próprias durante as reuniões de orientação. Enfatiza-se aqui a importância de serem feitas reflexões ainda na etapa de planejamento, de forma que a tomada de consciência sobre as próprias dificuldades pode ter influenciado no pPCK da compreensão dos alunos sobre Ciências de Shirley. Assim, julgou-se esse conhecimento como amplo.

Com relação ao componente Conhecimento sobre o currículo de Ciências, destaca-se que Shirley enunciou as ideias centrais em uma sequência lógica de ensino e estabeleceu interrelações com outros tópicos, como por exemplo, a tensão superficial e as propriedades das substâncias. Assim, considerou-se amplo o Conhecimento sobre o currículo de Ciências.

Shirley trouxe em uma das suas ideias centrais, a tensão superficial da água. A menção a esse tópico na 2ª versão do CoRe (**Quadro 39**) pode evidenciar, assim como foi percebido com Julie, que a percepção e o raciocínio baseado no conhecimento amplificaram o ePCK, transformando-o em pPCK também para Shirley.

Na aula gravada, Shirley utilizou três minutos e meio, aproximadamente, para explicar aos estudantes o que é a tensão superficial.

O componente Conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências, anteriormente classificado como reduzido, desenvolveu-se e foi entendido, nessa 2ª versão, como mediano. A licencianda diversificou as estratégias de avaliação e os instrumentos foram considerados adequados para avaliar as

ideias centrais enunciadas. A licencianda, no entanto, não explicitou as dimensões da avaliação.

Uma ressalva importante a ser feita sobre esse resultado, é que nas reuniões de orientação, até devido à falta de tempo, as discussões envolvendo as dimensões da avaliação não foram realizadas. Nota-se que as discussões acabam envolvendo, mais efetivamente, os instrumentos avaliativos, suas potencialidades e limitações.

O Conhecimento de Shirley sobre as estratégias didáticas foi considerado como amplo. A licencianda apresentou uma diversidade de estratégias da Ciências e demonstrou ter incorporado os elementos do cPCK, uma vez que propôs a utilização, assim como nas aulas gravadas, de experimentos, de mapas conceituais, das TICs e de aulas expositivas.

Ressalta-se que a licencianda poderia ser ainda mais específica e discriminar qual seria o experimento realizado, a TIC utilizada. Porém, pode se questionar o fato de ela não o ter feito em virtude de não ter entendido como necessário e não em virtude de não saber qual experimento ou simulador utilizar. Assim, julga-se que essa ausência se deva a um problema técnico do instrumento e/ou da pesquisadora que apresentou o instrumento às licenciandas e poderia ter enfatizado esses detalhes.

Na próxima seção são apresentados os resultados da análise da 2ª versão do CoRe da licencianda Pamela.

5.4.3 Análise e caracterização do pPCK de Pamela após implementação da UDM

A análise da 2ª versão do CoRe seguiu os procedimentos da análise da 1ª versão. A 2ª versão do CoRe respondida pela licencianda é apresentada no **Quadro 41**.

Quadro 41. CoRe do conteúdo “Forças de interação entre as partículas” preenchido pela Pamela após a implementação da UDM.

	A influência da eletronegatividade e da geometria na polaridade das ligações e polaridade das moléculas	A influência da polaridade das moléculas nas forças de interação entre elas	A influência das forças intermoleculares nas propriedades específicas das substâncias
1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?	Pretendo que os alunos entendam a diferença entre polaridade das ligações e a polaridade das moléculas (aquelas que fazem ligações covalentes), compreendendo que não necessariamente uma molécula com ligações polares será uma molécula polar e vice-versa, como é o caso por exemplo do CO ₂ , que possui ligações polares, porém é uma molécula apolar. Além disso, é importante que eles aprendam a identificar essas polaridades com base na eletronegatividade e na geometria dos elementos que as constituem e consigam determinar os vetores de momentos de dipolo elétrico para conseguir identificar as polaridades.	É importante que os alunos aprendam que as moléculas interagem entre si e a intensidade da força de interação vai depender da polaridade que essas moléculas possuem. Também é importante que eles compreendam os tipos de forças de interação que existem (dipolo-dipolo, dipolo-dipolo induzido, forças de London e ligação de hidrogênio). É essencial que os alunos compreendam que esses diferentes tipos de força possuem diferentes intensidades, sendo algumas mais intensas do que outras, como é o caso da ligação de hidrogênio que é a interação mais forte.	Os alunos precisam entender muitas propriedades específicas das substâncias são explicadas com base nas forças intermoleculares que as moléculas possuem. Dessa forma, é importante discutir propriedades como a miscibilidade dos líquidos, o ponto de ebulição das substâncias e a tensão superficial que ocorre em líquidos. Essas três propriedades são muito importantes e estão presentes em muitos fenômenos do cotidiano ou não e podem ser explicadas com base nesse conhecimento. Então é importante que os alunos entendam essa influência.
2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?	É importante que os estudantes aprendam essa ideia para que possam ao longo das aulas desenvolver a alfabetização científica e consigam se apropriar desses conhecimentos científicos que, além de explicar muitos fenômenos do cotidiano, possam gerar momentos de reflexão nos estudantes sobre os seus conhecimentos prévios passando a se apropriarem dos conhecimentos científicos. Outro aspecto importante é que esse é o conteúdo prévio para o entendimento das forças de interação, que estão totalmente relacionados com a polaridade das moléculas.	É importante que os alunos percebam que que esse conhecimento científico pode mais pra frente explicar muitos fenômenos que é possível observar no cotidiano, e que consigam se apropriar desses conhecimentos e da linguagem específica da ciência. Além disso, entender sobre os tipos de forças de interação intermoleculares vai ser muito importante para entender a influência que as forças exercem sobre as propriedades das moléculas.	É importante que os alunos percebam que a ciência pode explicar muitos fenômenos do nosso cotidiano e que eles consigam se apropriar desses conhecimentos, aumentando sua abstração e sua capacidade crítica de investigação e reflexão sobre os conhecimentos. De forma que sejam capazes de se apropriar dos conhecimentos científicos entendendo as limitações ou conceitos errados que o senso comum e o conhecimento cotidiano pode ter.

3. O que mais você sabe sobre essa ideia?	Os elementos possuem diferentes eletronegatividades, que é um poder de atração dos elétrons (carga negativa). Em ligações covalentes, a eletronegatividade influencia na formação de cargas parciais positivas e negativas. Essas cargas parciais vão determinar se a ligação é polar ou apolar e dessa forma, relacionar com a geometria da molécula e determinar o momento de dipolo elétrico, que definirá se a molécula em si é polar ou apolar, dependendo de seus vetores.	Dentre todas as forças intermoleculares, a ligação de hidrogênio é a mais intensa, pois como se trata da interação entre um átomo de oxigênio/ flúor/ nitrogênio (que são os elementos mais eletronegativos) e um átomo de hidrogênio de outra molécula (carga positiva), a atração será muito forte e as moléculas ficarão unidas de forma bem intensa. Nesse sentido, moléculas que são polares, ou seja, possuem uma carga parcial positiva e uma carga parcial negativa possuem forças de interação muito mais intensas do que moléculas que não possuem diferentes cargas parciais.	A intensidade das forças intermoleculares influencia muito em algumas propriedades específicas das substâncias. Por exemplo, no ponto de ebulição. As moléculas que possuem uma força de interação mais intensa entre si, necessitam de muito mais energia para conseguirem passar do estado líquido para o vapor e por isso o P.E. será muito mais alto.
4. Quais as dificuldades e limitações ligadas a essa ideia?	Acredito que uma das dificuldades relacionadas a essa ideia está voltada para a concepção de que moléculas que possuem ligações polares (ligações entre elementos com diferentes eletronegatividades) são moléculas polares, desconsiderando completamente a geometria que a molécula terá. Dessa forma, há muita dificuldade em identificar as polaridades corretas das moléculas. Além disso, os alunos podem entender as ligações como um “cabo de guerra”, em que os elementos mais eletronegativos puxam com “mais força” do que outros. Esse obstáculo epistemológico pode ser um problema, pois dessa forma os alunos conseguem evoluir dos conhecimentos cotidianos para os conhecimentos científicos.	Uma das principais dificuldades está associada à diferenciação entre forças de interação e ligação química. Os alunos podem ter muita dificuldade em conseguir entender que as forças intermoleculares são entre duas ou mais moléculas e as forças intramoleculares dizem respeito às ligações químicas entre diferentes elementos.	Acredito que a principal dificuldade pode estar associada com a polaridade. Muitos estudantes explicam alguns dos fenômenos citados com base na polaridade das moléculas, o que apesar de não estar completamente errado, não é justificativa primordial da ciência para explicar esses fenômenos. Além da polaridade, os alunos podem relacionar, por exemplo, a propriedade de miscibilidade com base na densidade dos líquidos.
5. Que conhecimento sobre o pensamento	Acredito que o fato dos alunos confundirem muito a polaridade da ligação e a polaridade da molécula seja um fator que tem muita influência sobre o	Um conhecimento muito importante e essencial que os alunos precisam ter em mente nessa ideia central é o entendimento sobre a diferença de força	Muitas vezes os alunos utilizam de seus conhecimentos cotidianos para explicar os fenômenos que acontecem e às vezes essas ideias não estão em consonância com os

dos estudantes tem influência no seu ensino sobre essa ideia?	ensino dessa ideia, pois isso precisa ficar muito claro na ideia dos alunos.	intermolecular e força intramolecular, sabendo que não são as mesmas coisas.	conhecimentos científicos e as explicações científicas. É muito importante que os alunos compreendam que a explicação para essas propriedades elencadas acima é com base nas forças intermoleculares e esse conhecimento embasa muitos outros conteúdos e explica muitos fenômenos observados ou realizados em laboratório.
6. Quais outros fatores influem no ensino dessa ideia?	Um fator que é de extrema importante para o aprendizado dessa ideia são os conteúdos sobre ligações química e geometria da molécula. É essencial que o aluno entenda que estamos falando sobre moléculas e, portanto, elementos que fazem ligação covalente entre si. Também é importante que os estudantes saibam definir as geometrias que as moléculas assumem.	É muito importante que os alunos compreendam que se trata de um sistema inteiro e não unicamente de duas moléculas isoladas, por exemplo a água, não fala-se apenas em uma única molécula de H ₂ O, mas sim de várias que compõem um sistema que possuem propriedades específicas. Além disso, também é importante que os alunos não tenham a ideia de que as forças de atração estão relacionadas com a ideia de “vida”, como se as moléculas sentissem vontade de atrair umas com as outras.	Todas as ideias anteriores influenciam completamente nessa ideia central. Tanto a polaridade das ligações, das moléculas, a eletronegatividade e a geometria da molécula, chegando ao conceito de forças intermoleculares e as diferentes intensidades e isso tudo pode ser relacionado a essas propriedades específicas que estão presentes em inúmeros fenômenos no dia a dia.

7. Que procedimentos de ensino você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?	O uso de simuladores pode auxiliar muito no entendimento desse conceito, pois torna possível o aluno “manipular” as eletronegatividades das moléculas e verificar seus comportamentos com relação aos vetores e ao momento de dipolo elétrico. Além disso, pode-se pensar em outras estratégias que permitem a investigação por parte dos alunos, como é o caso de estudo de casos investigativos, que permitam o aluno refletir sobre uma problemática que envolva a ideia. Pode-se pensar também em exercícios e estudos dirigidos sobre o tema.	Também é possível utilizar simuladores, Casos Investigativos. Acredito que uma estratégia muito interessante nessa perspectiva é o mapa conceitual, pois os alunos podem relacionar esses conteúdos aprendidos dessa ideia central, com os conhecimentos de polaridades e geometria vistos anteriormente, assimilando os termos e os conteúdos aprendidos.	Muitas estratégias podem ser utilizadas, mas acredito que a experimentação seja a que mais contempla os aprendizados que acho fundamental nessa ideia. Experimentos do cotidiano, que os alunos possam usar e investigar em suas próprias casas e que dessa maneira possam se apropriar dos conhecimentos científicos para explicar o que está acontecendo, contribuindo para sua alfabetização científica.
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou confusão dos alunos sobre essa ideia?	Acredito que seja importante realizar uma avaliação de todo o processo de aprendizado, com base na realização das atividades propostas, seja o simulador, ou a resolução do Caso investigativo, as investigações ou dos exercícios propostos. Desde que seja possível avaliar se os objetivos da aula proposta foram atingidos e se os alunos conseguiram se apropriar desse conhecimento científico e conseguiram refletir sobre seus conhecimentos prévios ou cotidianos.	A avaliação deve ser processual, ou seja, ao longo de todo o processo de aprendizagem. Então, os alunos podem ser avaliados com base nas atividades que foram feitas ao longo da aprendizagem, sempre pensando em possibilidades de evolução dos conhecimentos sobre o tema.	Nesse sentido, julgo importante avaliar os estudantes ao longo do processo de aprendizagem e também as reflexões sobre os conhecimentos do cotidiano desse estudante, por meio de levantamento de hipóteses, onde os alunos conseguem assimilar e refletir sobre os seus erros e acertos, contribuindo para a alfabetização científica.

Fonte: Dados da pesquisa.

A licencianda Pamela respondeu o CoRe de forma remota no dia 23/03/2021. Antes de elaborar o CoRe, a licencianda participou de uma formação, relembrando o conceito de PCK e o instrumento CoRe.

O **Quadro 42** sintetiza o resultado da análise da versão do CoRe respondida por Pamela, após a implementação da UDM.

Quadro 42. Análise do CoRe respondido pela licencianda Pamela após a implementação da UDM.

Conhecimentos		Conhecimento	Resultado
Orientação para o Ensino de Ciências		-	Mudança Conceitual e Investigação-guiada
Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências	Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem de conceitos específicos da Ciência	Ampla	Ampla
	Conhecimento das áreas de dificuldade dos estudantes	Ampla	
Conhecimento sobre o Currículo de Ciências	Vertical	Ampla	Ampla
	Horizontal	Ampla	
Conhecimento sobre a Avaliação no Ensino de Ciências	Conhecimento das dimensões da aprendizagem em Ciências a serem avaliadas	Ampla	Ampla
	Conhecimento das estratégias de avaliação da aprendizagem no Ensino de Ciências	Ampla	
Conhecimento sobre as Estratégias Didáticas.	Conhecimento das estratégias específicas das Ciências	Ampla	Ampla
	Conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências	Ampla	

Fonte: Elaboração própria.

No 2º CoRe, respondido após a implementação da UDM (**Quadro 41**), foi possível notar uma mescla de orientações (Investigação-guiada e Mudança

Conceitual). A licencianda trouxe em suas respostas indícios da orientação “Investigação-guiada” quando propôs o uso de casos investigativos e explicitou a importância dos alunos se envolverem na investigação de fenômenos. Segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999), a orientação “investigação-guiada” objetiva construir uma comunidade de alunos cujos membros compartilham a responsabilidade pela compreensão do mundo físico, particularmente, no que diz respeito ao uso das ferramentas da Ciência.

Em outros trechos, Pamela apresentou grande preocupação com os conhecimentos prévios dos estudantes, bem como com a apropriação do conhecimento científico, a partir do confronto de concepções iniciais com as de senso comum. Nesses trechos, pode-se caracterizar uma orientação “Mudança Conceitual”. Essa orientação tem como propósito “facilitar o desenvolvimento do conhecimento científico através do confronto dos alunos, gerado em contextos problematizados, nos quais deve superar suas concepções ingênuas” (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999, p. 101). Nessa orientação, os alunos são forçados a explicar suas visões sobre o mundo e a considerar as explicações alternativas mais idôneas. O professor facilita a discussão e o debate para estabelecer a validade das afirmações do conhecimento.

Santos Jr e Marcondes (2010) chegaram a conclusões análogas quando realizaram uma investigação dos modelos didáticos (entendido aqui como sinônimo de orientações para o Ensino de Ciências) de um grupo de professores de Química, e apontaram que os professores, em geral, podem combinar características diferentes dos modelos didáticos, constituindo um modelo didático denominado, pelos autores, de eclético.

A análise do 2º CoRe (**Quadro 41**) aponta, ainda, para um desenvolvimento da orientação da licencianda, uma vez que ela trouxe características de uma orientação “Investigação-guiada” coerente com a escolha dos procedimentos de ensino e, até mesmo, com a justificativa da importância do conteúdo científico pela licencianda. Porém, a orientação apresentou mesclas com elementos característicos de uma orientação mais tradicional do Ensino de Ciências. O fato de a licencianda estar no contexto do estágio e, em função do ensino remoto, não ter conseguido fazer uma investigação típica do ensino investigativo pode ter influência nesse achado da pesquisa.

Freire e Fernandez (2014) observaram que um dos licenciandos sujeitos da pesquisa também não possuía uma orientação para o Ensino de Ciências única e bem definida. Assim, tem-se indícios de que o processo de implementação de uma UDM possibilitou, mesmo que discretamente, uma tentativa de tornar coerente a orientação de ensino da Pamela.

Acredita-se que essa mudança se deve, provavelmente, ao fato de, em oposição aos demais planejamentos de projetos de ensino e aprendizagem, em que a escolha pela orientação de ensino é mera decorrência da organização do ensino proposto pelo professor, ao elaborar uma UDM, deve-se fazer uma opção prévia por uma ou outra orientação de ensino (abordagem metodológica – Tarefa 4 da UDM) que deve orientar tanto os outros elementos do planejamento quanto a ação profissional docente.

Ressalta-se, ainda, da análise da resposta de Pamela à questão 2, que ela trouxe elementos discutidos durante as reuniões de orientação, que podem ser indícios da influência do cPCK no pPCK. Ela justificou a importância de se ensinar as ideias centrais para que os alunos “possam ao longo das aulas desenvolver a alfabetização científica e consigam se apropriar desses conhecimentos científicos”. Essa discussão foi realizada na reunião de orientação que discutiu a Tarefa 4 – abordagem metodológica e chegou-se ao consenso de que ensinar Forças Intermoleculares por meio do Ensino por Investigação tem como objetivo que alunos aprendam o conteúdo de Forças Intermoleculares para que avancem do conhecimento espontâneo e alcancem o conhecimento científico, sendo capazes de explicar os fenômenos a partir de teorias científicas.

Apesar de se observar avanços, a análise comparativa entre a 1ª e 2ª versões da CoRe revela, ainda, a necessidade de aprofundamento da reflexão da licencianda sobre as suas concepções de ensino, no sentido de as estratégias didáticas e demais elementos do seu planejamento guardarem coerência com a abordagem definida.

A análise do componente Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências no 2º CoRe (**Quadro 41**) revela que Pamela, nessa 2ª versão passou a conhecer algumas dificuldades que os alunos possam ter do conteúdo específico, tais como: identificar as polaridades das moléculas, diferenciar forças

de interação de ligação química e confundir polaridade da ligação com polaridade da molécula.

Nas palavras da licencianda:

Acredito que uma das dificuldades relacionadas a essa ideia está voltada para a concepção de que moléculas que possuem ligações polares (ligações entre elementos com diferentes eletronegatividades) são moléculas polares, desconsiderando completamente a geometria que a molécula terá. Dessa forma, há muita dificuldade em identificar as polaridades corretas das moléculas. Além disso, os alunos podem entender as ligações como um “cabo de guerra”, em que os elementos mais eletronegativos puxam com “mais força” do que outros. Esse obstáculo epistemológico pode ser um problema, pois dessa forma os alunos conseguem evoluir dos conhecimentos cotidianos para os conhecimentos científicos.

Uma das principais dificuldades está associada à diferenciação entre forças de interação e ligação química. Os alunos podem ter muita dificuldade em conseguir entender que as forças intermoleculares são entre duas ou mais moléculas e as forças intramoleculares dizem respeito às ligações químicas entre diferentes elementos.

Acredito que a principal dificuldade pode estar associada com a polaridade. Muitos estudantes explicam alguns dos fenômenos citados com base na polaridade das moléculas, o que apesar de não estar completamente errado, não é justificativa primordial da ciência para explicar esses fenômenos. Além da polaridade, os alunos podem relacionar, por exemplo, a propriedade de miscibilidade com base na densidade dos líquidos (EXCERTO CoRe – 2ª VERSÃO).

Essas novas dificuldades foram discutidas durante a reunião de orientação da Tarefa 3 – análise didático-pedagógica, em que o professor formador debateu sobre as concepções alternativas e os obstáculos epistemológicos. É possível notar que o cPCK construído influenciou no pPCK de Pamela, que como será visto mais adiante, se preocupou em pensar até em estratégias de ensino que poderiam diminuir a ocorrência das dificuldades.

Na 1ª versão do CoRe, Pamela cita que a geometria das moléculas (desenhar essas moléculas no papel) poderia ser mais uma dificuldade para os alunos, porém não explicitou como a geometria poderia tornar mais difícil o ensino de Forças Intermoleculares. Durante a reunião de orientação da Tarefa 3, percebeu-se que as licenciandas tiveram dificuldade em entender uma das

concepções alternativas, por apresentarem dificuldade no entendimento da geometria das moléculas. Assim, parece que não estava claro para a licencianda qual é a influência da geometria nas forças intermoleculares. Esse entendimento foi explicitado durante a elaboração da 2ª versão do CoRe apenas.

Adicionalmente, Pamela explicitou algumas concepções prévias dos estudantes e elencou um possível obstáculo epistemológico (analogia do cabo de guerra para se referir às ligações químicas) que pode dificultar a aprendizagem dos estudantes, demonstrando grande preocupação com relação a essas concepções e obstáculos e destacando quais entendimentos devem ser enfatizados a fim de possibilitar maior sucesso na aprendizagem.

Por essas razões, considerou-se amplo o Conhecimento de Pamela da compreensão dos alunos sobre Ciências.

Com relação ao Conhecimento do currículo de Ciências, após o processo de implementação da UDM, Pamela apresentou as seguintes ideias principais no 2º CoRe (**Quadro 41**): I) a influência da eletronegatividade e da geometria na polaridade das ligações e polaridade das moléculas; II) a influência da polaridade das moléculas nas forças de interação entre elas; III) a influência das forças intermoleculares nas propriedades específicas das substâncias. Diferentemente do que foi observado no 1º CoRe, as ideias nessa segunda versão não foram apresentadas de forma pontual e isolada, mas foram explicitadas as relações entre essas ideias.

Observa-se, portanto, que houve um desenvolvimento no currículo horizontal, haja vista que Pamela, além de propor ideias dentro de uma sequência lógica de ensino, trouxe as relações entre essas ideias, demonstrando indícios de que o cPCK influenciou a explicitação de seu pPCK.

Entende-se que esse desenvolvimento se deva às discussões realizadas na reunião de orientação da Tarefa 2, em que as licenciandas e o professor formador fizeram reflexões sobre os pré-requisitos para o ensino de Forças de Interação Intermoleculares e discutiram qual a relação causa-efeito entre as forças e as propriedades das substâncias.

Além disso, importante ressaltar que a licencianda atribuiu grande importância ao conteúdo “Forças de Interação Intermoleculares” na formação do aluno, afirmando que a partir do entendimento desse conteúdo, os estudantes poderiam explicar muitos fenômenos do cotidiano e refletir sobre seus

conhecimentos prévios e de senso comum. Aqui, tem-se mais um indício da influência do cPCK no pPCK de Pamela, que após as discussões sobre a importância do ensino do conteúdo durante as reuniões de orientação, conseguiu explicitar a importância do ensino do conteúdo em seu CoRe.

O desenvolvimento do conhecimento do currículo por meio da implementação de uma UDM se confirmou, também, por se observar que a licencianda explicitou, nesse segundo momento, o conhecimento do currículo vertical. Pode-se notar a articulação da temática com outros temas no desenvolvimento dos anos escolares, tais como as propriedades das substâncias, a miscibilidade dos líquidos, o ponto de ebulição das substâncias e a tensão superficial dos líquidos.

O Conhecimento sobre o currículo de Ciências foi, assim, considerado amplo. Importante destacar, também, que ao responder no CoRe (**Quadro 41**) sobre “o que mais você sabe sobre essa ideia?”, Pamela destacou as diferentes intensidades das forças de interação intermoleculares. Salienta-se essa informação, por considerar que a licencianda fez esse apontamento no CoRe influenciada pela sua aula gravada.

Isso porque na aula Forças Intermoleculares – Parte 1, Pamela utiliza-se de 13 minutos para explicar os tipos de interação intermoleculares e traz adicionalmente a discussão sobre as diferentes intensidades das forças. Ademais, a licencianda enfatiza a influência das forças de interação intermoleculares nas propriedades das substâncias. Ao sugerir exemplos, a licencianda menciona miscibilidade dos líquidos, que foi o experimento que ela também realizou em sua aula e explicou-o cientificamente.

Atribui-se essa menção ao que Behling, Förtsch e Neuhaus (2022) denominam percepção e o raciocínio baseado no conhecimento como filtro entre o ePCK e o pPCK.

Com relação ao componente Conhecimento da avaliação no Ensino de Ciências, ao analisar o 2º CoRe (**Quadro 32**), é possível notar que a licencianda destacou a importância de o professor realizar uma avaliação do processo de ensino e aprendizagem, considerando a realização de diferentes atividades. Destaca-se, também, que a licencianda considerou a avaliação importante para além da atribuição de notas aos alunos, bem como para a verificação da consecução dos objetivos pretendidos em aula.

As formas de avaliação apresentadas no CoRe foram propostas ao longo do processo de ensino e aprendizagem, não sendo realizadas em momentos pontuais e estanques.

Percebe-se, além disso, que a licencianda propôs atividades avaliativas diferentes das tradicionais, tais como utilização de simuladores (TICs), resolução de casos investigativos e de exercícios. Assim, pode-se dizer que a licencianda demonstrou conhecimento amplo da avaliação no Ensino de Ciências nas duas categorias após passar pelo processo de implementação de uma UDM.

O modelo de UDM prevê, ainda, que sejam utilizadas formas variadas de avaliação da aprendizagem, considerando a pluralidade dos alunos e suas formas de aprender. Possivelmente, em virtude disso, a licencianda passou a considerar em sua avaliação outras formas de verificação da aprendizagem, diferentes das tradicionais.

Ao responder à questão 8 do CoRe (**Quadro 41**), a licencianda ressalta que a avaliação deve permitir observar se os alunos conseguiram se apropriar do conhecimento científico e se conseguiram refletir sobre seus conhecimentos prévios.

Sobre a avaliação no ensino de Ciências, Carvalho (2013, p. 18) ressalta:

[...] uma SEI pode ser formada por um ciclo, ou por vários ciclos, dessas atividades principais, mas, no final das atividades ou pelo menos no final de cada ciclo, é importante planejar uma avaliação. No entanto, não deve ter o caráter de uma avaliação somativa, que visa a classificação dos alunos, mas, sim, uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo. E tais instrumentos de avaliação precisam ter as mesmas características que o ensino proposto. E a proposta das SEIs está pautada na ideia de um ensino cujos objetivos concentram-se tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas como no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica.

É possível notar do excerto acima, que a licencianda Pamela se apropriou da avaliação nos moldes do Ensino Investigativo, ou seja, observa-se aqui a influência do cPCK no pPCK. Além disso, nas aulas, as licenciandas fizeram a proposição de um vídeo que continha perguntas e essas perguntas objetivavam a participação e levantamento das ideias prévias dos estudantes. Isso demonstra

que além da influência do cPCK, o ePCK influenciou no desenvolvimento do conhecimento pessoal sobre avaliação no Ensino de Ciências de Pamela.

Por fim, a licencianda demonstrou possuir, durante a elaboração do 2º CoRe (**Quadro 32**), conhecimento amplo das estratégias didáticas nas duas subcategorias. Foi proposta a utilização de diferentes estratégias, tais como o uso de simuladores (TICs), estudo de caso, elaboração de mapas conceituais e a experimentação. A justificativa para a escolha dessas estratégias se deu em razão das dificuldades dos estudantes, apontadas pela licencianda. Segundo ela, o uso de simuladores poderia auxiliar os estudantes no entendimento da influência da eletronegatividade e da geometria na polaridade das ligações e na polaridade das moléculas. Isso foi considerado importante, uma vez que a licencianda elencou como uma dificuldade a identificação correta das polaridades das moléculas.

A escolha pela experimentação foi justificada em razão do conteúdo científico abordado. Segundo a licencianda, a temática possibilita que sejam realizados experimentos envolvendo fenômenos do cotidiano, demonstrando possuir conhecimento das estratégias para um tópico específico de Ciências.

Importante destacar, também, que se notou coerência na escolha dessas estratégias com as orientações reveladas pela licencianda. Nesse sentido, é possível dizer que a escolha pela experimentação e estudos de casos investigativos são adequados para o ensino na perspectiva da orientação “Investigação-guiada” e até mesmo da “Mudança conceitual”. Isso corrobora a defesa de que o percurso formativo de implementação de uma UDM possibilita a deliberação consciente por determinada orientação, que molda e fundamenta as demais escolhas do planejamento, tornando o processo mais coerente e efetivo.

Notou-se uma diversificação na utilização das estratégias bastante condizente com os pressupostos da elaboração da UDM. O modelo de UDM se pauta, dentre outros pressupostos pedagógicos, em Sanmartí (2002), que advoga que o ensino deve dar conta da diversidade dos alunos, uma vez que cada aluno aprende de um jeito específico e em um ritmo particular. Os professores, assim, deveriam planejar e desenvolver atividades didáticas diversificadas que atendam à pluralidade em uma sala de aula e aos diferentes modos de aprendizagem dos alunos.

Observou-se elementos do cPCK na escolha das estratégias didáticas, indicando que essa dimensão do PCK influenciou positivamente no PCK pessoal da Pamela para o componente Conhecimento das estratégias didáticas.

5.5 Análise da 2ª versão da UDM e do diário de aula

Cabe destacar que a 2ª versão (**Anexo D**), ou versão da intervenção, é a versão entregue ao final das 7 reuniões de orientação e a que foi implementada parcialmente na escola parceira.

No **Quadro 43** é apresentado um resumo das principais alterações feitas na 2ª versão da UDM, após as reuniões de orientação.

Quadro 43. Alteração observadas na 2ª versão da UDM, ou versão da intervenção.

Tarefas do planejamento de uma UDM	Alterações observadas na nova versão da UDM
Tarefa 1: Caracterização do Contexto	Nenhuma alteração observada.
Tarefa 2: Análise científico - epistemológica	Pré-requisitos: - Excluiu: modelo de Rutherford e a natureza elétrica dos materiais; modelo de Bohr e a constituição da matéria; o uso do número atômico como critério para organizar a tabela periódica; ligações químicas (iônica, covalente e metálica) em termos de forças elétricas de atração e repulsão; transformações químicas como resultantes de quebra e formação de ligações; previsões sobre tipos de ligação dos elementos a partir da posição na tabela periódica. - Acrescentou: eletronegatividade e ligação covalente. Orientações curriculares oficiais sobre o tema: - Excluiu: Dependência da temperatura de ebulição dos materiais com a pressão atmosférica; representar sólidos iônicos por meio de arranjos tridimensionais dos íons constituintes; interpretar em nível microscópico a dissolução de sais em água; interpretar a dependência da temperatura de ebulição das substâncias em função da pressão atmosférica; fazer previsões sobre o tipo de ligação química de uma substância a partir da análise de suas propriedades. Conteúdo conceituais: - No aspecto teórico excluiu o item interações entre íons; - No aspecto simbólico exclui a figura 5 que apresentava a representação molecular dos três estados físicos da matéria (a) sólido, (b) líquido e (c) vapor. Mapa mental:

	Acrescentou relações sobre a dependência das interações em relação a polaridades das moléculas.
Tarefa 3: Análise didático - pedagógica	Obstáculos epistemológicos: Acrescentou um exemplo ao obstáculo substancialista. Obstáculo substancialista (coisificar noções abstratas fazendo corresponder a toda qualidade uma substância): entender que a ligação química é igual as FI ou que as propriedades físicas das substâncias estão relacionadas ao sistema como um todo e não estão relacionadas as forças entre duas moléculas, por exemplo moléculas de água: o seu ponto de ebulição irá corresponder a energia para romper as interações de todas as moléculas do sistema, não apenas de duas moléculas isoladas de H₂O.
Tarefa 4: Abordagem metodológica	Mantiveram as informações, porém retiraram os tópicos e reescreveram em forma de um texto corrido.
Tarefa 5: Seleção dos objetivos	Título da UDM: O que os olhos não veem a Química te explica: investigando sobre as forças de interação entre as moléculas. Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais: Excluiu: Relacionar as propriedades macroscópicas das substâncias às ligações químicas entre seus átomos, moléculas ou íons; fazer previsões sobre o tipo de ligação química de uma substância a partir da análise de suas propriedades. Título das SD: SD 1: Semelhante dissolve semelhante: uma investigação sobre a polaridade das substâncias; SD 2: Uma molécula nunca está sozinha: investigando como elas interagem entre si Objetivo geral: Analisar a influência das forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos cotidianos atribuindo a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das interações entre as moléculas. Objetivo específico 1: Entender o que é polaridade de ligação e das moléculas e como elas estão presentes no cotidiano explicando como determinadas substâncias se solubilizam em algumas e não em outras; Objetivo específico 2: Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nos fenômenos do cotidiano diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo suas determinadas propriedades.
Tarefa 6: Seleção de estratégias didáticas	SD 2 - Aula 1 Descrição das atividades: A professora deverá disponibilizar um vídeo de experimentos relacionados às propriedades específicas de substâncias (P.E, tensão superficial e solubilidade) e como as forças intermoleculares atuam nesses fenômenos (3 min), levantando hipóteses e concepções dos alunos ao longo do vídeo. A professora deverá disponibilizar juntamente com o vídeo de experimentos, um outro vídeo (30 min) explicando os conceitos envolvidos nesses experimentos dos tipos de forças intermoleculares e as propriedades específicas das substâncias (P.E, tensão superficial e solubilidade), ressaltando que existem algumas concepções alternativas sobre esses conceitos e explicando o conceito envolvido com base na ciência.

	Como tarefa, os alunos deverão resolver exercícios (forms) relacionados aos conteúdos aprendidos no vídeo e no experimento.
Tarefa 7: Seleção de estratégias de avaliação	SD 2 – Aula 1 Materiais de aprendizagem/ Instrumentos de avaliação: Os alunos serão avaliados pelas hipóteses levantadas ao longo do vídeo dos experimentos. SD 2 – Aula 2 Materiais de aprendizagem/ Instrumentos de avaliação: Excluiu o relatório e acrescentou: Vídeo de correção dos exercícios e revisão das forças intermoleculares. Os alunos serão avaliados por meio dos exercícios realizados.

Fonte: Elaboração própria.

De maneira geral, é possível observar que as mudanças mais significativas aconteceram nas tarefas 2, 5, 6 e 7. Os efeitos das mudanças para a inter-relação entre os elementos do planejamento e entre eles e a abordagem metodológica foram analisados utilizando o instrumento apresentado na seção 4.5.3 deste trabalho.

São discutidos aqui apenas os critérios que, na 1ª versão, foram considerados parcialmente adequados ou não adequados. Isso porque os critérios que já haviam sido classificados como adequados não sofreram alteração na classificação.

Dessa forma, são discutidos, nesta seção, apenas os critérios: A3, A4, A6, A7, A8 e A9. Os critérios B, que foram reavaliados foram B3 e B4.

O critério A3 analisa se os objetivos respeitam a taxonomia de Bloom revisada e se apresenta coerência com os conteúdos propostos. Além disso, a enunciação dos objetivos deve permitir a explicitação dos conteúdos e das formas de alcançá-los, bem como dos instrumentos utilizados para avaliar.

Os novos objetivos propostos estão no **Quadro 44**, com os verbos no infinitivo e no gerúndio destacados.

Quadro 44. Objetivos geral e específicos da primeira versão da UDM.

Objetivo	Proposta
Objetivo geral	Analisar as diferentes propriedades específicas (P.F, P.E. e solubilidade) de substâncias a partir das forças intermoleculares, atribuindo essas diferenças aos tipos de interação que podem ocorrer entre as moléculas dependendo da geometria e polaridade que essas moléculas investigadas apresentam.
Objetivo específico 1	Entender quais os fatores que influenciam na miscibilidade de substâncias, explicando a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade das moléculas com base em suas geometrias espaciais e como as polaridades apresentadas influenciam na solubilidade de determinadas substâncias;

Objetivo específico 2	Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (P.F, P.E. e solubilidade), diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas.

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Ao analisar a adequação dos objetivos à Taxonomia de Bloom revisada, pode-se inferir que as licenciandas utilizaram de maneira correta os verbos no infinitivo com seus gerúndios possíveis: Analisar/ atribuindo; entender/ explicando; analisar/ diferenciando/ atribuindo.

Para análise da estrutura de conteúdo, meio de alcançá-lo e avaliação, elaborou-se o **Quadro 45**.

Quadro 45. Objetivos, conteúdos, forma de alcançá-los e avaliação.

Objetivo	Conteúdos	Meio e critério de avaliação
Objetivo geral	As diferentes propriedades específicas (P.F, P.E. e solubilidade) de substâncias a partir das forças intermoleculares	Atribuindo essas diferenças aos tipos de interação que podem ocorrer entre as moléculas dependendo da geometria e polaridade que essas moléculas investigadas apresentam
Objetivo específico 1	Os fatores que influenciam na miscibilidade de substâncias	Explicando a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade das moléculas com base em suas geometrias espaciais e como as polaridades apresentadas influenciam na solubilidade de determinadas substâncias
Objetivo específico 2	Como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (P.F, P.E. e solubilidade)	Diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas.

Fonte: Elaboração própria com dados de pesquisa.

Como pode ser observada no **Quadro 45**, a estrutura desenvolvida pelas licenciandas para os três objetivos propostos está de acordo com a Taxonomia de Bloom Revisada, sendo possível identificar conteúdo, estratégias para desenvolver os objetivos e instrumento avaliativo.

Na 1ª versão da explicitação dos objetivos, foi observado um problema relacionado com as relações entre os conteúdos científicos. Nessa 2ª versão, não se observa nenhum problema desse tipo, assim, A3 foi considerado adequado.

A adequação dos objetivos demonstra que as licenciandas conseguiram explicitar corretamente as relações entre as forças de interação intermoleculares e as propriedades das substâncias. Essa mudança, aliada às análises da 2ª versão do CoRe, principalmente, para as licenciandas Shirley e Pamela, podem indicar um desenvolvimento no conhecimento do conteúdo. A licencianda Julie não demonstrou na 2ª versão do CoRe manter nenhuma concepção alternativa, porém, como foi observado e é discutido na próxima seção, os resultados no desenvolvimento dos componentes do PCK para a licencianda Julie foram mais discretos.

O critério A4 analisa a abrangência do objetivo geral em relação aos específicos e a distribuição desses objetivos no quadro do processo cognitivo (**Quadro 46**). Nesse quadro, os objetivos propostos pelas licenciandas são analisados quanto às dimensões conhecimento e processo cognitivo.

Quadro 46. Objetivos propostos pelas licenciandas quanto às dimensões conhecimento e processo cognitivo.

Dimensão conhecimento	Dimensão processo cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Efetivo/ Factual						
Conceitual/ Princípios		Objetivo 1		Objetivo geral e objetivo 2		
Procedimental						
Metacognitivo						

Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar os novos objetivos propostos pelas licenciandas, percebe-se que apesar de A3 ter passado de parcialmente adequado para adequado, não foram observadas mudanças com relação aos níveis da dimensão dos processos cognitivo e conhecimento. O quadro revela que todos os objetivos estão na mesma dimensão conhecimento (dimensão conceitual/ princípios). Dessa forma, mantém-se a análise anterior e com relação à A4, a UDM foi classificada como inadequada.

A6 analisa se as estratégias estão articuladas com os objetivos de ensino propostos. Na primeira SD, as estratégias escolhidas para desenvolver o objetivo foram o uso das TICs (simulador *Phet* Colorado) e o estudo de caso. Ao usar o verbo “entender” espera-se que o estudante apenas estabeleça uma conexão

entre o novo e o conhecimento previamente adquirido, porém ao manipular um simulador e resolver um estudo de caso, espera-se que o aluno execute ou use um procedimento numa situação específica, aplicando o conhecimento numa situação nova. Dessa forma, ficaria mais adequado se as licenciandas tivessem feito uso do verbo aplicar ao invés de entender. Os demais objetivos estão coerentes com as estratégias utilizadas. Sendo assim, A6 continua sendo avaliado como parcialmente adequado.

O objetivo 2 seria avaliado mediante resposta dos alunos para o estudo dirigido, a confecção de um relatório após assistirem o vídeo com experimentos e, ao final, a elaboração de mapas conceituais. Observa-se, nesse momento, que a elaboração de um relatório precisaria ser discutida de forma que os alunos pudessem entender qual a estrutura do relatório e o que é e como fazer esse relatório. Durante a aula, essas discussões não foram previstas. Assim, a elaboração de um relatório pode não ser a melhor forma de verificação da aprendizagem desse objetivo, uma vez que a elaboração do documento pode ser um desafio.

A7 verifica a adequação dos instrumentos de avaliação em relação aos objetivos de aprendizagem. Na 2ª versão da UDM, foram realizadas duas mudanças em relação aos instrumentos de avaliação: Na SD 1, os alunos passaram a ser avaliados pelas hipóteses levantadas ao longo do vídeo dos experimentos e, na SD 2, excluiu-se o relatório e manteve-se apenas o mapa conceitual. Acredita-se que por se tratar de aulas no contexto remoto, excluir o relatório e manter apenas o mapa conceitual parece ser uma boa alternativa, por ser uma atividade realizada durante a aula, não exigindo tempo extra. Além disso, pelo fato de a turma conter alunos que trabalham, realizar a atividade na sala, permitiria que todos fizessem.

Do ponto de vista do ensino investigativo, a inclusão das hipóteses dos alunos como mais uma forma de avaliá-los mostra-se adequada. Como relatado na Tarefa 4 da UDM, “o docente dará condições para que os alunos levantem hipóteses sobre um problema apresentado, e a partir dessas hipóteses os alunos terão a oportunidade de construir o conhecimento”. Assim, fica destacada a importância de se considerar as hipóteses dos estudantes e justifica a mudança na avaliação. Por essas razões, A7 foi considerado adequado.

Não foram realizadas mudanças nos recursos didáticos propostos e na previsão dos tempos para as atividades que não estavam relacionadas com o conteúdo, assim, A8 e A9 mantiveram suas avaliações como parcialmente adequados.

Em relação ao 2º bloco do documento que baseou a análise da 1ª versão da UDM, tem-se 6 critérios, B1 a B6, que pretendem avaliar a coerência dos demais elementos do planejamento com a abordagem metodológica definida. Nessa 2ª versão, no entanto, apenas B3 e B4 foram analisados.

O critério B3 observa se os objetivos geral e específicos estão definidos de forma coerente com a abordagem metodológica. Como já mencionado, os verbos utilizados pelas licenciandas foram: analisar e entender. Do ponto de vista do Ensino por Investigação julga-se que o verbo no infinitivo “aplicar” seria mais adequado do que o “entender”. Isso porque, em atividades investigativas, a aprendizagem de procedimentos e atitudes é tão importante quanto a aprendizagem de conceitos e/ou conteúdos. Por essa razão, julgou-se B3 como parcialmente adequado.

As atividades não foram alteradas, assim o critério B4, que analisa se as atividades propostas na UDM permitem que os alunos vivenciem os princípios fundamentais da abordagem metodológica, não foi alterado e manteve-se como parcialmente adequado.

O **Quadro 47** apresenta o resultado da análise da 2ª versão da UDM.

Quadro 47. Análise da 2ª versão da UDM ou versão da intervenção.

Interrelação entre os vários elementos do planeamento didático-pedagógico no modelo da UDM				
ID	Critérios de avaliação	Adequado		
		Sim	Parcialmente	Não
A1)	A UDM pode ser desenvolvida no contexto real da intervenção	X		
A2)	Os conteúdos definidos estão articulados com as orientações curriculares oficiais?	X		
A3)	Os objetivos respeitam a estrutura da taxonomia de Bloom revisada e apresentam coerência com os conteúdos propostos?	X		
A4)	Os níveis da dimensão dos processos cognitivos e conhecimento estão adequados nos objetivos geral e específicos?			X
A5)	São propostas múltiplas estratégias didáticas?	X		
A6)	As estratégias didáticas apresentam correspondências com os objetivos de aprendizagem?		X	
A7)	Os instrumentos/estratégia de avaliação/ materiais de aprendizagem apresentam relação com os objetivos propostos na UDM?	X		
A8)	Os recursos didáticos e a organização da sala estão adequados para trabalhar dentro das premissas das estratégias didáticas?		X	
A9)	As SD preveem tempo para atividades que não estão relacionadas com o conteúdo, com o propósito de adequar tempo e conteúdo?		X	
Abordagem metodológica como eixo axial do planeamento didático-pedagógico no modelo da UDM				
B1)	Os conteúdos são adequados aos princípios estabelecidos pela abordagem metodológica?	X		
B2)	A abordagem metodológica permite trabalhar com algumas concepções alternativas e/ou obstáculos epistemológicos sobre a temática?	X		
B3)	Os objetivos geral e específicos estão definidos de forma coerente com a abordagem metodológica?		X	
B4)	As atividades propostas na UDM estão articuladas com os princípios fundamentais da abordagem metodológica?		X	
B5)	As estratégias didáticas propostas estão relacionadas com os princípios da abordagem metodológica?	X		
B6)	As estratégias/instrumentos de avaliação estão	X		

	de acordo com os princípios da abordagem metodológica?			

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível observar, nessa 2ª versão apenas dois critérios foram mais bem reavaliados (A3 e A7). Acredita-se, que isso se deva ao fato de a análise ter sido feita na versão de intervenção e não na versão reelaborada. Cabe frisar, também, que em virtude de a UDM não ter sido aplicada de forma integral, não foi entregue a versão reelaborada.

O diário de classe (**Anexo E**) foi elaborado pelas licenciandas após a etapa de intervenção da UDM. No documento foram realizadas reflexões envolvendo as concepções alternativas, os obstáculos epistemológicos e a adequação das estratégias didáticas, dos recursos e dos materiais de aprendizagem.

Nas primeiras análises do diário, as licenciandas olharam para as respostas dos estudantes ao formulário proposto e identificaram, ao todo, 3 respostas que continham concepções alternativas. As concepções identificadas foram:

1. Não há diferenças significativas entre as Forças de Interação Intermoleculares e as ligações químicas;
2. Explicar a imiscibilidade com base na densidade das substâncias.

A identificação da primeira concepção pode ter influenciado no pPCK das licenciandas Shirley e Pamela visto que ambas evidenciaram no CoRe que essa era uma possível dificuldades que os estudantes poderiam ter. Como destacam Carlson e Daehler (2019), ao refletir sobre os resultados dos alunos, um professor utiliza o ePCK e, essas experiências adquiridas com a prática do ensino fornecem um feedback que desenvolve e molda mais ainda o pPCK de um professor.

Sobre a identificação de obstáculos epistemológicos nas respostas dos estudantes, as licenciandas refletiram e a identificação de um obstáculo verbal sobre a tensão superficial da água foi atribuído à utilização, pelas licenciandas, de uma figura durante a aula. As licenciandas refletiram que:

Um dos obstáculos epistemológicos encontrados nas respostas dos alunos foi o realista, que foi identificado na resposta do exercício sobre tensão superficial quando o aluno responde que o inseto 'pisa' em cima de um grupo de moléculas. Esse obstáculo pode ter sido provocado a

partir de uma imagem que foi mostrada na vídeoaula sobre tensão superficial, apresentada na Figura 1 abaixo (EXCERTO DIÁRIO DE AULA).

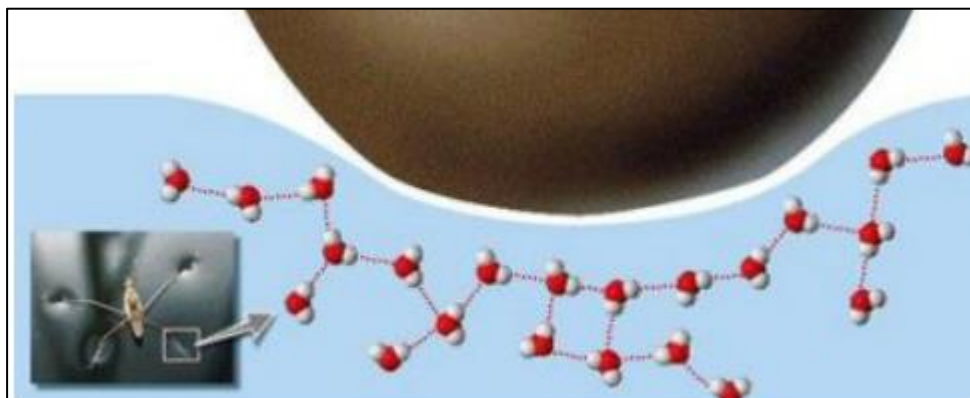


Figura 35. Figura 1, mencionada no diário de aula pelas licenciandas e que, segundo elas, pode ter influenciado na identificação de um obstáculo realista.

Fonte: Diário de aula, elaborado pelas licenciandas.

Questionar a utilização de uma figura e relacioná-la à identificação de um obstáculo epistemológico, indica que as licenciandas refletiram sobre fragilidades de suas aulas, buscando falhas que pudessem ter incidido no insucesso da aprendizagem. Esse fato demonstra que as licenciandas entendem a importância de o professor analisar as potencialidades de estratégias e recursos e entende, ainda, que esses elementos do planejamento didático-pedagógico do professor podem incidir sobre a aprendizagem dos alunos.

Ainda, observando as respostas dos estudantes, as licenciandas relataram no diário que a maioria dos alunos acertou as perguntas envolvendo a tensão superficial da água e o ponto de ebulição das substâncias. De acordo com elas:

A segunda questão feita para os estudantes envolvia os conhecimentos relacionados à tensão superficial e às forças intermoleculares. Foi possível analisar que a maioria dos estudantes apresentaram respostas coerentes com a vídeo aula disponibilizada, explicando como se dá o fenômeno da tensão superficial e o porquê a tensão superficial da água é mais forte do que a de outras substâncias. A maioria dos alunos apresentaram respostas completas e coerentes. Por fim, a terceira questão envolvia o conteúdo de forças intermoleculares relacionado à propriedade do ponto de ebulição de substâncias. É importante ressaltar que essa questão foi de alternativa e apenas uma das alternativas estava correta. Todos os alunos que responderam a atividade acertaram a questão, afirmando, que dentre uma lista de substâncias, as que apresentavam maior ponto de ebulição possuíam a força de interação de hidrogênio (HF e H₂O) (EXCERTO DIÁRIO DE AULA).

A percepção das licenciandas diante dos resultados dos estudantes parece as ter influenciado e, como mencionado na seção anterior, no CoRe, Shirley e Julie sugeriram a realização de experimentos envolvendo a tensão superficial e o ponto de ebulição. Assim, como demonstrado no modelo RCM, os resultados dos alunos influenciaram o pPCK das licenciandas.

Os ícones dos alunos no círculo interno representam os alunos com os quais o professor está interagindo e os resultados dessas interações

Com relação aos pontos de modificações da UDM, as licenciandas mencionaram, no diário, duas principais modificações: necessidade de outra abordagem para ensinar miscibilidade dos líquidos e necessidade de inclusão de um instrumento avaliativo que contemple os aspectos da linguagem científica.

Sobre a miscibilidade dos líquidos, as licenciandas destacaram:

Quanto aos conteúdos, a reflexão principal e proposta de mudança que pode ser feita é propor uma abordagem diferente para explicar a questão da miscibilidade dos líquidos. Acreditamos que esse tenha sido o ponto mais falho do planejamento e execução da SD, pois, pelas respostas dos alunos, percebemos que não ficou claro a explicação com base nas forças intermoleculares e eles se embasaram, na grande maioria, nos conteúdos de polaridade para explicarem o fenômeno. Analisando a vídeo aula, percebe-se que não ficou claro que essa é a explicação mais coerente cientificamente para esse fenômeno (água e óleo não se misturarem), que dá margens para muitos posicionamentos de senso comum. Dessa maneira, a abordagem desse conteúdo deve ser repensada e talvez priorizada, levando um pouco mais de tempo, por se tratar de um assunto complexo (EXCERTO DIÁRIO DE AULA).

Como é possível observar, na reflexão, as licenciandas sugerem que deveria ter sido dada maior ênfase a esse conteúdo. Durante a elaboração do CoRe, a licencianda Pamela explicitou que a principal dificuldade dos estudantes em relação a entender a ideia central enunciada está associada à polaridade. Para ela, *“muitos estudantes explicam alguns dos fenômenos citados com base na polaridade das moléculas, o que apesar de não estar completamente errado, não é justificativa primordial da ciência para explicar esses fenômenos”* (EXCERTO CoRe).

Assim, pode-se perceber que refletir sobre o ensino realizado proporcionou à Pamela um conhecimento sobre uma possível dificuldade dos estudantes. Vê-se o ePCK influenciando o pPCK.

Embora essas mudanças e reflexões não tenham sido realizadas efetivamente como forma de planejamento de ensino, na UDM, até em virtude

do ensino remoto e seus condicionantes, pode-se dizer que as licenciandas realizaram uma análise bastante crítica de suas atuações, refletindo inclusive sobre as fragilidades que podem ter incidido nas concepções e obstáculos encontrados. Além disso, percebeu-se que algumas das reflexões realizadas no diário, ou seja, de forma coletiva, influenciaram na elaboração da 2ª versão do CoRe, demonstrando que as discussões e reflexões entre as colegas podem ter ajudado no desenvolvimento do pPCK. Esse fato percebido vai ao encontro do modelo RCM, que coloca como atores do pPCK, estudantes e outros professores que contribuem para o desenvolvimento do PCK nesse domínio.

Embora esse não seja um resultado novo, demonstra que os estágios devem possibilitar espaços de trocas entre os licenciandos e momentos de interação aluno - professor e licenciando – professor formador e posteriores reflexões sobre e na ação. Assim, contatos esporádicos com a escola e planejamento de aulas pontuais dificultam o desenvolvimento do PCK.

Na próxima seção é realizada a triangulação dos dados e a inferência sobre o desenvolvimento do PCK das licenciandas a partir da implementação da UDM.

5.6 Triangulação das informações e inferências sobre o desenvolvimento do conhecimento do PCK

Para responder à pergunta “de que modo o processo de implementação de uma UDM incide sobre o desenvolvimento do PCK em professores de Química em formação inicial?” foram realizadas as análises apresentadas nas seções 5.1 (análise e caracterização do pPCK inicial das licenciandas); 5.2 (reuniões de orientação e a construção do cPCK); 5.3 (análise da 1ª versão da UDM); 5.4 (análise e caracterização do pPCK após a implementação da UDM) e 5.5 (análise da 2ª versão da UDM e do diário de aula). A triangulação de todos os resultados obtidos foi desenvolvida tendo como referências o modelo RCM para o PCK, o modelo de PCK segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999) e as premissas do percurso formativo de implementação de uma UDM.

A primeira questão específica “como se caracteriza o pPCK dos licenciandos antes e depois da implementação da UDM?” pretendeu investigar quais conhecimentos, componentes do PCK, as licenciandas já possuíam. Para

tanto, eles foram classificados como amplo, mediano ou reduzido. Utilizou-se como referência o instrumento apresentado no **Quadro 22**.

O **Quadro 48** traz um comparativo dos conhecimentos componentes do PCK antes e após a implementação da UDM.

Quadro 48. Quadro comparativo entre os conhecimentos, componentes do PCK, antes e depois da implementação da UDM.

Conhecimentos	Julie		Shirley		Pamela	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Orientação para o Ensino de Ciências	Rigor Acadêmico	Didática	Didática	Mudança Conceitual	Didática	Mudança conceitual e investigação-guiada
Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências	Mediano	Mediano	Reduzido	Amplo	Mediano	Amplo
Conhecimento sobre o currículo de Ciências	Reduzido	Amplo	Reduzido	Amplo	Mediano	Amplo
Conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências	Reduzido	Mediano	Reduzido	Mediano	Mediano	Amplo
Conhecimento sobre as estratégias didáticas	Reduzido	Amplo	Mediano	Amplo	Mediano	Amplo

Fonte: Elaboração própria.

A primeira análise do **Quadro 48** é que, após a implementação da UDM, nenhum conhecimento componente do PCK foi considerado reduzido. Isso demonstra que ao menos uma das categorias de cada conhecimento foi desenvolvida. O preenchimento em verde no quadro destaca os conhecimentos que foram desenvolvidos e o preenchimento em vermelho destaca o conhecimento que permaneceu na mesma classificação de antes da implementação da UDM.

Ainda, como é possível observar, para as três licenciandas classificou-se como amplo o conhecimento sobre o currículo de Ciências e sobre as estratégias didáticas, após elas terem passado pelo percurso formativo de implementação da UDM. Assim, pode-se dizer que a implementação da UDM, ao propor o uso de estratégias didáticas plurais pode ter desenvolvido o conhecimento das licenciandas, uma vez que nas 2ª versões do CoRe, observou-se o uso de

estratégias variadas do Ensino de Ciências e o uso de estratégias específicas do próprio ensino de Forças de Interação Intermoleculares.

Sobre o desenvolvimento do Conhecimento do Currículo, pode-se dizer que as discussões e reflexões sobre a Tarefa 2 - Análise científico-epistemológica podem ter auxiliado no desenvolvimento desse conhecimento. As licenciandas, ao elaborarem essa tarefa, precisam explicitar os conhecimentos prévios e os conteúdos conceituais. Durante as reuniões de orientação, foram observadas discussões importantes envolvendo esses tópicos da tarefa. Além disso, na 2ª versão da UDM os pré-requisitos da UDM foram revistos e mantidos somente aqueles que são realmente anteriores ao ensino de Forças de Interação Intermoleculares, que são: eletronegatividade, geometria espacial molecular e ligação covalente.

Acredita-se, adicionalmente, que as discussões envolvendo a elaboração das Tarefas 2 e 3 da UDM, possibilitaram o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo. Assim, esse conhecimento pode também ter influenciado no desenvolvimento do componente Conhecimento do currículo de Ciências. Outro fato que corrobora o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo é que na 2ª versão do CoRe das licenciandas, não se observou a existência de nenhuma concepção alternativa para o tema, ao contrário do que se viu na 1ª versão.

Ainda sobre o conhecimento do conteúdo, pode-se dizer que esse conhecimento se mostrou importante para o desenvolvimento do PCK, podendo ser considerado um filtro interno entre cPCK e pPCK, haja vista que a partir das discussões coletivas há evidências de que ele foi sendo aprimorado. A licencianda Pamela desde a 1ª versão do CoRe demonstrou possuir maior conhecimento do conteúdo, não demonstrando nenhuma concepção alternativa, nem mesmo confusão conceitual no instrumento. Ela foi também a licencianda que teve, na 2ª versão, todos os conhecimentos julgados como amplos. Assim, parece haver uma relação positiva entre o conhecimento do conteúdo e o desenvolvimento do PCK.

Sobre o componente Orientações para o Ensino de Ciências, pode-se dizer que a implementação da UDM, por considerar a metodologia de ensino como escolha autônoma prévia dos professores, influenciou na mudança das orientações, principalmente, das licenciandas Shirley e Pamela, que, na 2ª versão do CoRe, tiveram as orientações classificadas como mudança conceitual.

Essa mudança demonstra que as licenciandas repensaram até mesmo a importância do Ensino de Ciências, não mais visto como transmissão de conhecimentos, mas como um facilitador para o desenvolvimento do conhecimento científico, mediante o confronto de ideias de senso comum.

Fato observado e que pode ser considerado ainda mais importante é que as licenciandas Pamela e Shirley demonstraram coerência entre a orientação e a escolha dos procedimentos de ensino. Além disso, justificaram a importância do ensino de Forças de Interação Intermoleculares a partir das finalidades e princípios do Ensino Investigativo. Esse fato corrobora uma das premissas da implementação de uma UDM que é a de que o professor deve ter autonomia para escolher sua metodologia de ensino, implicando que também seu planejamento didático-pedagógico precisa ser coerente e bem fundamentado a partir dos pressupostos da abordagem adotada.

Foram considerados amplo o Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências das licenciandas Shirley e Pamela. Acredita-se que as discussões nas reuniões de orientação sobre a Tarefa 3 – análise didático-pedagógica - podem ter auxiliado no desenvolvimento desse conhecimento. Como já foi apresentado, nessa tarefa, são explicitadas, por meio do estudo e discussão da literatura disponível da temática, as concepções alternativas e obstáculos epistemológicos. Além disso, são priorizados aspectos a evitar e a reforçar nas aulas. Essas discussões, somadas à etapa de replanejamento da UDM podem ter influenciado no Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências, uma vez que após a intervenção, as licenciandas analisaram os resultados dos estudantes a fim de repensarem as estratégias didáticas e os recursos utilizados.

Como se viu, na 2ª versão do CoRe, Shirley e Pamela explicitaram concepções alternativas sobre Forças de Interação Intermoleculares. A licencianda Pamela destacou nessa 2ª versão a dificuldade que os estudantes apresentaram em explicar o conceito de polaridade por meio das forças de interação e não mais da polaridade. Isso demonstra como o replanejamento da UDM incidiu sobre o desenvolvimento do pPCK da licencianda.

O conhecimento da avaliação foi considerado amplo, na 2ª versão do CoRe, apenas para a licencianda Pamela. A avaliação foi um tópico pouco discutido nas reuniões de orientação, como é possível observar nos PaPeRs

(**Apêndice B**). Assim, acredita-se que isso ocorreu, principalmente, pelo fato dessa discussão ter ficado em segundo plano, haja vista que foi despendido maior tempo com as discussões sobre as estratégias didáticas.

O **Quadro 48** revela que, apesar de se ter observado mudanças positivas nos conhecimentos, componentes do PCK das três licenciandas, a licencianda Julie demonstrou mais dificuldades para desenvolver seus conhecimentos. Como destacam Henze e Barendsen (2019, p. 202):

Entre os formadores de professores, é sabido que existem diferenças individuais substanciais entre os professores no que diz respeito ao ritmo e foco do desenvolvimento das construções pedagógicas que constituem o seu pPCK. Indicações de tais diferenças podem ser visíveis de várias maneiras. Por exemplo, a preparação das aulas permanece superficial para alguns professores em formação, enquanto outros integram rapidamente aspectos pedagógicos e de conteúdo do tópico que estão prestes a ensinar. Além disso, durante a formação de professores, a maioria dos professores em formação desvia a sua atenção das atividades do professor para um raciocínio mais orientado para o aluno antes, durante e depois do ensino. Para alguns professores, no entanto, essa transição é atrasada ou nem aparece (HENZE; BARENDSEN, 2019, p. 202, tradução livre³⁶).

Esse dado corrobora a natureza idiossincrática do PCK, uma vez que as licenciandas elaboraram a UDM juntas (pelo menos em tese), mas ao gravar a aula, por exemplo, focaram-se em tópicos diferentes do conteúdo Forças de Interação Intermoleculares. Isso pode ter feito com que desenvolvessem o PCK em maior ou menor grau. Como discutido na seção anterior, observou-se que as licenciandas incorporaram nas 2ª versões do CoRe características e tópicos das suas aulas gravadas, ou seja, Julie destacou a importância da temperatura de ebulição como propriedade que sofre influência das forças de interação. Por sua vez, Shirley trouxe a tensão superficial e Pamela explicitou ser importante os alunos saberem sobre as diferentes intensidades das forças de interação. Assim, como cada uma ficou responsável por gravar uma parte da aula, pode-se dizer que o ePCK influenciou de forma diferente o pPCK das licenciandas.

³⁶ Among teacher educators, it is commonly known that there are substantial individual differences between student teachers with respect to rate and focus of the development of the pedagogical constructions constituting their pPCK. Indications of such differences can be visible in several ways. For example, lesson preparations remain superficial for some student teachers, whereas others quickly integrate pedagogical and content aspects of the topic they are about to teach. Moreover, during teacher training, most student teachers shift their attention from teacher activities to more pupil-oriented reasoning before, during and after their teaching. For some student teachers, however, this transition is delayed or does not appear at all.

O engajamento efetivo com o percurso formativo pode também ter impactado em maior ou menor ênfase no desenvolvimento do pPCK das licenciandas. Como se sabe, as tarefas envolvidas no planejamento de uma UDM não foram concebidas como uma receita linear, isto é, como atividades que devem ser realizadas de forma mecânica, desintegrada e acrítica. De forma contrária, o modelo visa facilitar a abordagem de cada tarefa do planejamento e proporcionar as referências teóricas e metodológicas para fundamentar as decisões do professor. Logo, a participação efetiva nas reuniões de orientação pode levar cada licencianda a perceber concepções e equívocos próprios, que se percebidos podem levar a um desenvolvimento do conhecimento do conteúdo.

Julie, por exemplo, não participou de uma das reuniões de orientação. Essa ausência pode ter impactado em seu percurso formativo, por meio da integração e reiteração entre as tarefas da UDM, resultando, consequentemente em um menor desenvolvimento de seu PCK. Como foi mencionado no PaPeR, na Tarefa 3 – análise didático-pedagógica, Julie demonstrou bastante dificuldade e, por vezes, não conseguiu responder às questões realizadas pelo formador Shulman, possivelmente por não ter participado da reunião de orientação da Tarefa 2 – análise científico-epistemológica. Isso pode ter influenciado no não desenvolvimento do componente Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências, que se manteve como mediano.

Além disso, como sugere o modelo RCM, as crenças de um professor sobre os alunos, sobre a natureza do conhecimento científico e sobre o papel do professor, bem como suas atitudes, podem filtrar como um professor desenvolve seu pPCK (CARLSON; DAEHLER, 2019). Behling, Förtsch e Neuhaus (2022) destacaram os aspectos motivacionais do professor como um filtro para o desenvolvimento do PCK.

Sobre isso, discute-se que é possível que Julie não tivesse a intenção de ser professora. Massi e Vilani (2020) apresentam dados de uma pesquisa com egressos da instituição formadora e observaram que entre os anos de 1995 a 2004, 33,8% dos egressos da licenciatura optaram pela docência, 23,5% fizeram escolha pela indústria e 5,9% pela pesquisa. Os autores ressaltam ainda que era comum que muitos inscritos na licenciatura preferissem cursar o bacharelado e só desistiram dessa modalidade em função da não aprovação no vestibular.

Assim, 9 alunos dentre 27 entrevistados afirmaram que só prestaram LIC porque o curso era menos concorrido e acrescentaram outras justificativas para essa escolha, como o fato de a LIC ter as mesmas atribuições do BAC pelo CRQ, ou de o aluno ter o dia livre para fazer estágios (MASSI; VILANI, p. 12, 2020).

Com a reestruturação do curso em 2018, as atribuições dos licenciandos não são mais as mesmas dos alunos do bacharel em Química. Porém, não se pode descartar a possibilidade de a licencianda não ter interesse pela docência e, por isso, ter participado de forma menos comprometida com as atividades da disciplina. Como se argumentou, o preenchimento burocrático das tarefas não promove o desenvolvimento do PCK no mesmo nível que se observa quando a elaboração é reflexiva e se tem participações ativas nas reuniões de orientação. Assim, uma fragilidade desta pesquisa foi não ter investigado quais as motivações e aspirações das licenciandas, por exemplo, após o término do curso.

A respeito da 2ª pergunta específica deste trabalho (qual a influência das tarefas previstas no processo de elaboração de uma UDM no desenvolvimento do PCK dos licenciandos?), pode-se dizer que se notou que as tarefas ditas pré-metodológicas tiveram influência positiva no desenvolvimento do pPCK das licenciandas.

Como discutido e apresentado pelo RCM, o contexto de aprendizagem está inserido entre o cPCK e o pPCK e serve como filtro e amplificador dos conhecimentos e habilidades de cada professor, mediando suas ações. Assim, ao realizar a Tarefa 1 – caracterização do contexto de intervenção, as licenciandas já se apropriam dos condicionantes da intervenção. Assim, as Tarefas 2 e 3 já são pensadas a partir desses condicionantes.

Isso fica claro quando as licenciandas interrogam Shulman na reunião de orientação sobre a necessidade de ensinar a interação íon-dipolo:

Seria importante trazer ela para os alunos?” O professor formador esclareceu que essa interação seria um complemento para depois que os alunos tivessem entendido as demais interações, porque já mistura a ligação iônica com a interação com moléculas (EXCERTO PaPeR).

Ou seja, ao interrogar sobre a pertinência do ensino da interação íon-dipolo, as licenciandas demonstraram refletir o ensino de conteúdo dentro de um contexto específico que, no caso, era uma turma de ensino médio integrado com o ensino técnico.

O fato relatado demonstra que a realização das tarefas da UDM na sequência proposta faz com que o contexto de aprendizagem amplifique os conhecimentos sobre o currículo. Visto que são feitas reflexões sobre o conteúdo e dificuldades dos alunos diante de uma realidade analisada já na Tarefa 3.

A execução e as discussões sobre a Tarefa 4, como se viu, auxiliou na explicitação das concepções das licenciandas, permitindo importantes reflexões a respeito da importância do ensino do tópico em questão. Essas discussões parecem ter sido internalizadas, principalmente, pelas licenciandas Shirley e Pamela, que usaram argumentos discutidos para enfatizar a importância do ensino de Forças de Interação Intermoleculares sob a perspectiva do Ensino de Ciências por Investigação.

Durante a reunião de orientação da Tarefa 5 – seleção dos objetivos, foi possível identificar ainda uma confusão entre os conceitos específicos. Assim, acredita-se que mesmo indiretamente essa tarefa pode incidir no conhecimento do conteúdo. Como se viu, Shulman precisou fazer uma intervenção no sentido de esclarecer ainda uma confusão:

O professor formador explicou que as forças intermoleculares são usadas para explicar as propriedades e, portanto, as propriedades das substâncias não são propriedades das forças intermoleculares, como parece explicitar o objetivo geral proposto. (EXCERTO DO PaPeR).

Pode-se dizer, diante do exposto, que as reuniões de orientação das tarefas 2, 3 e 5 mostraram-se boas oportunidades para que as licenciandas desenvolvessem o conhecimento do conteúdo.

As tarefas 6 e 7 são tarefas mais concretas do planejamento e momento em que o professor formador, por meio de sua experiência, discute sobre as possibilidades de estratégias didáticas e de avaliação a serem utilizadas na estruturação do processo de ensino e aprendizagem. As reuniões de orientação que discutiram essas tarefas mostraram-se bastante efetivas para o desenvolvimento do Conhecimento das estratégias didáticas, haja vista as três licenciandas terem demonstrado, na 2ª versão do CoRe, conhecimento amplo nesse componente.

Advoga-se, por fim, que a execução e discussão das tarefas mostraram-se momentos de identificação de diversas lacunas e equívocos das licenciandas ao longo do processo de planejamento da UDM, bem como possibilidades de acompanhar suas dificuldades pedagógicas e científicas.

A respeito dos filtros e amplificadores, destaca-se que o contexto de aprendizagem se mostrou necessário para a transformação do cPCK em pPCK. Como se viu, a partir de um contexto caracterizado, as licenciandas puderam nas reuniões de orientação discutir e analisar sobre a pertinência dos conteúdos, o que parece ter influenciado positivamente no Conhecimento do currículo de Ciências. Defende-se, assim, a importância de, no momento de planejar as aulas, os professores em formação explicitarem as características e condicionantes do contexto de intervenção, cientes de que esses condicionantes devem ser analisados e considerados na seleção dos conteúdos e demais ações do professor.

O filtro entre o ePCK e o pPCK, denominado por Behling, Förtsch e Neuhaus (2022) de percepção e o raciocínio baseado no conhecimento, foi observado neste trabalho. Como mencionado, as licenciandas trouxeram trechos de suas aulas para a 2ª versão do CoRe, demonstrando que a etapa de replanejamento da UDM, por meio da reflexão e análise do desempenho dos alunos, pode incidir no desenvolvimento do pPCK.

Fundamentado nas evidências acima destacadas, pode-se dizer que o percurso formativo de implementação da UDM possibilitou o desenvolvimento de conhecimentos, componentes do PCK nas três licenciandas em diferentes níveis. A licencianda Julie teve o Conhecimentos sobre as estratégias didáticas e o Conhecimento sobre o currículo de Ciências considerados amplos. Já Shirley teve o Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências, Conhecimento do currículo e Conhecimento sobre as estratégias didáticas considerados amplos. E, por fim, Pamela teve 4 conhecimentos componentes considerados amplos.

A partir desses achados de pesquisa, pode-se prever que, a cada novo ciclo de implementação da UDM, as licenciandas desenvolveriam cada vez mais o PCK, com vistas a consolidar um PCK de elevado nível para o conteúdo Forças de Interação Intermoleculares.

Reflete-se, adicionalmente, a importância de os cursos de formação inicial de professores possibilitarem o desenvolvimento do PCK ainda na formação, ao invés de se esperar que o conhecimento seja desenvolvido apenas no início da carreira profissional propriamente dita.

6 Considerações finais

Esta pesquisa apresentou como foco central investigar: de que modo o processo de implementação de uma UDM incide sobre o desenvolvimento do PCK em professores de Química em formação inicial.

Para tanto, foram propostas as seguintes questões específicas: Como se caracteriza o pPCK dos licenciandos antes e depois da implementação da UDM? Qual a influência das tarefas previstas no processo de elaboração de uma UDM no desenvolvimento do cPCK dos licenciandos?

As participantes desta pesquisa foram 3 licenciandas (Pamela, Shirley e Julie) do último ano do curso de Licenciatura em Química de uma universidade do estado de São Paulo. As licenciandas participaram do percurso formativo de implementação de uma UDM durante o seu último estágio na universidade. O estágio foi realizado em uma escola de ensino médio que oferece o curso técnico integrado, para uma turma da 2ª série do Ensino Médio.

Como dados de pesquisa foram utilizados um questionário de caracterização das licenciandas, duas versões da UDM, diário de aula elaborado pelas licenciandas, gravações das reuniões de orientação, que geraram os PaPeRs, e o principal instrumento de investigação de PCK, o CoRe. O CoRe foi elaborado em duas versões, uma versão antes da implementação da UDM e, uma segunda versão, após a implementação da UDM.

A 1ª versão do CoRe revelou que as licenciandas Shirley e Julie, principalmente, apresentavam a maioria dos conhecimentos componentes do PCK considerados reduzidos. Além disso, as licenciandas demonstraram possuir dificuldades com relação ao conhecimento do conteúdo. A licencianda Pamela por sua vez, apresentou conhecimento mediano para todos os componentes do PCK.

No entanto, a análise da 2ª versão do CoRe revelou que as licenciandas desenvolveram o PCK em diferentes níveis. Pamela teve todos os conhecimentos considerados amplos. Já Shirley e Julie tiveram um total de três e dois conhecimentos considerados como amplos, respectivamente. Os dados reforçam a natureza idiossincrática do PCK e destacam que existem filtros e amplificadores que podem ter influenciado no desenvolvimento do PCK nesses diferentes níveis.

Os dados apontam para a importância de os professores caracterizarem os condicionantes da realidade, haja vista o contexto de aprendizagem ter se mostrado um importante filtro entre o cPCK e o pPCK. Outro filtro revelado pela pesquisa foi o conhecimento do conteúdo, que mostrou ser um filtro interno entre o cPCK e o pPCK. Observou-se que o conhecimento do conteúdo teve influência positiva no PCK de professores

A percepção e raciocínio baseado no conhecimento foi outro importante filtro identificado e que possibilitou a transformação em determinados momentos do ePCK em pPCK.

Os resultados revelaram, ainda, uma fragilidade da pesquisa que foi a não observação em relação às motivações e aos interesses profissionais das licenciandas – participantes desta pesquisa. A identificação desses fatores poderia auxiliar no entendimento do desenvolvimento do PCK em diferentes níveis.

Importante ponderar, também, é que a pesquisa realizada se caracterizou por um estudo de caso que buscou analisar apenas um grupo de 3 licenciandas, em função do grande volume de dados. Mais dados de outros licenciandos devem ser coletados e comparados para aumentar a capacidade de generalização. Ainda, os dados foram coletados durante a pandemia da Covid-19, em que as aulas estavam acontecendo de forma remota e não nas salas de aula tradicionais. Esse pode ter sido um condicionante importante para os achados da pesquisa.

O avanço que esta pesquisa apresenta em relação ao que se pode encontrar na literatura especializada sobre o desenvolvimento do PCK, é utilizar como percurso formativo um modelo de planejamento que auxilie o licenciando na identificação de dificuldades em relação ao próprio conhecimento do conteúdo e o induza à atualização científica, no sentido de superar suas próprias defasagens identificadas.

Como foi observado, o percurso possibilitou a construção de um cPCK por meio de reflexões e discussões sobre as escolhas do planejamento, bem como sobre o conteúdo específico da Química. Observou-se, ademais, que o ePCK influenciou no pPCK das licenciandas, que ao analisarem o desempenho dos estudantes, incorporaram elementos do ePCK na 2ª versão do CoRe.

Além disso, durante a realização das tarefas pré-metodológicas, os professores em formação inicial têm a oportunidade de fortalecer os conceitos de conteúdo e, depois, integrá-los para o desenvolvimento do PCK.

Esses dados reforçam a importância de uma formação inicial que oportunize momentos de planejamento – ensino – replanejamento, em que os estágios não aconteçam por meio de contatos esporádicos com a escola, mas sim, como demanda o percurso formativo de implementação de uma UDM, com um estudo e caracterização prévio do contexto de intervenção, de forma que o planejamento seja pensado para uma realidade posta.

Como perspectivas futuras deste trabalho sugere-se:

- I) Investigar em que medida um segundo ciclo de implementação, realizado pelas mesmas licenciandas e com a mesma base da UDM, impacta no desenvolvimento do PCK e se os avanços se mantêm no 2º ciclo;
- II) Investigar em que medida as motivações e interesses profissionais impactam no desenvolvimento do PCK, confirmando-se também como um filtro para o desenvolvimento desse conhecimento;
- III) Investigar a possibilidade de generalização dos resultados encontrados, por meio do estudo de diferentes colaboradores de pesquisa;
- IV) Investigar a potencialidade da utilização do instrumento de análise do CoRe (Quadro 22), proposto nesta pesquisa, para o próprio processo formativo do professor e para futuras investigações do PCK, considerando outras categorias para além apenas das categorias conhecimento amplo e reduzido;
- V) Investigar o desenvolvimento do PCK na implementação da UDM na formação continuada de professores de Química.

REFERÊNCIAS

- ABELL, S. K. Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 10, p. 1405–1416, 2008.
- AGOSTINI, S.; TERRAZZAN, E. A. O estágio curricular supervisionado na UFSM: o trabalho docente no ensino superior. **Revista Diálogo Educacional**, v.12, n. 37, p. 977-995, 2012.
- ALMEIDA, M. I.; PIMENTA, S. G. (orgs). **Estágios supervisionados na formação docente**: educação básica e educação de jovens e adultos. São Paulo: Cortez, 2014.
- ALVES, M.; BEGO, A. M. A celeuma em torno da temática do planejamento didático-pedagógico: definição e caracterização de seus elementos constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n.1, p. 71-96, 2020. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u7196>.
- ALVES, M.; BEGO, A. M.; ZULIANI, S. R. Q. A. Conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK): revisão sistemática da produção recente da área de Ensino de Ciências. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2019, Natal. **Anais...Natal**: UFRN, 2019. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/anais/busca_1.htm?query=Milena+Alves. Acesso em: 11 maio 2020.
- ARRIGO, V.; JÚNIOR, A. L.; BROIETTI, F. C. D.; FREIRE, L. I. F. Desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de uma licencianda em Química no estágio supervisionado. **Educação em Revista**, v. 38, p. 1 – 24, 2022.
- ASSAI, N. D. S.; BROIETTI, F. C. D.; ARRUDA, S. M. O estágio supervisionado na formação inicial de professores: estado da arte das pesquisas nacionais da área de ensino de ciências. **Educação em revista**, v. 34, p. 1-44. 2018.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. 1. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Cap. 2, p. 19 - 33.
- BANKS, F.; LEACH, J.; MOON, B. Extract from ‘New understandings of teachers’ pedagogic knowledge’. **Curriculum Journal**, v. 16, n.3, p. 331–340, 2005.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016. 279 p.
- BEGO, A. M. A implementação de unidades didáticas multiestratégicas na formação inicial de professores de química. **Textos FCC**, São Paulo, v. 50, p. 55-72, 2016. Disponível em: <http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/textosfcc/article/view/4316/3233>. Acesso em: 04 maio 2021.
- BEGO, A. M.; FERRARINI, F. O. C. F.; MORALLES, V. A. Ressignificação dos Estágios Curriculares Supervisionados por meio da Implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas. **Educação Química em Punto de Vista**, v. 5, n.1, 2021.
- BEGO, A. M.; SGARBOSA, E. C. Transitando entre o planejamento teórico e a realidade do cotidiano escolar: vivências, desafios e aprendizagens. In COLVARA, L.

D.; OLIVEIRA, J. B. B. (orgs). **Metodologias de Ensino e a Apropriação de conhecimento pelos alunos**. São Paulo, SP: Cultura Acadêmica, 2016, p. 8-32.

BEGO, T. M. **Conhecimentos implícitos e explícitos de professores de química em formação inicial**: a implementação de unidades didáticas multiestratégicas como percurso formativo. Orientador: Amadeu Moura Bego, 2017. 225 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2017.

BEHLING, F.; FÖRTSCH, C.; NEUHAUS, B. J. The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge (PCK): Detecting Filters between the Realms of PCK. **Education Sciences**, v. 12, n. 9, p. 1 – 21, 2022.

BRAGA, J. Estágio supervisionado no programa de formação de professores: tensões e reflexões. **Relato de Experiência**, v. 9, n.1, p.251-261, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Parecer CNE/CP nº 9, de 08 de maio de 2001. Brasília, 2001. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_009.pdf?query=FORMA%C3%87%C3%83O. Acesso em 04 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CP nº 2**, de 01 de julho de 2015. Brasília, 2015. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=136731-rcp002-15-1&category_slug=dezembro-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em 04 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CP nº2**, de 20 de dezembro de 2019. Brasília, 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/file>. Acesso em 04 maio 2023.

CARLSEN, W. Domains of teacher knowledge. *In*: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Eds) **Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implication for science education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. Cap. 5, p. 133-144.

CARLSON, J.; DAEHLER, K. R. The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. *In*: Hume, A., Cooper, R., Borowski, A. (Eds). **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. Springer: Singapore, Singapore, 2019. Cap. 2, p. 77–92.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap. 1, p. 1 - 20.

CHAN, K. K. H.; HUME, A. Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Is Investigated in Empirical Studies. *In*: Hume, A., Cooper, R., Borowski, A. (Eds). **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. Springer: Singapore, Singapore, 2019. Cap. 1, p. 3–76.

COCHRAN, K.F.; DERUITER, J.A.; KING, R.A. Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. **Journal of Teacher Education**, v. 44, n. 4, p. 263–272, 1993.

DEUS, A. F. E.; SUTIL, N. O estágio curricular supervisionado de Química licenciatura: um olhar sobre teses e dissertações publicadas na BDTD. **Revista Transmutare**, v. 3, n. 1, p. 50-64, 2018. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rtr/article/view/8778/5806>. Acesso em: 04 abril 2023.

ELIAS, P. G. **Indícios do conhecimento pedagógico do conteúdo de licenciando em química durante o estágio supervisionado**. Orientadora: Carmen Fernandez. 2011, 204 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-31052012-102511/publico/Perceli_Gomes_Elias.pdf. Acesso em: 11 maio 2020

FARIAS, I. M. S.; SALES, J. O. C. B.; BRAGA, M. M. S. C.; FRANÇA, M. S. L. M. **Didática e docência: aprendendo a profissão**. 3. ed. Brasília: Liber Livro, 2011.

FAZENDA, I. C. A. O papel do estágio nos cursos de formação de professores. In: PICONEZ, S. C. B. (Org.). **A prática de ensino e o estágio supervisionado**. 24. ed. Campinas, SP: Papyrus, 2012. p. 47-55.

FERNÁNDEZ-BALBOA, J. M.; STIEHL, J. The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. **Teaching and Teacher Education**, v. 11, n. 3, p. 293–306, 1995.

FERNANDEZ, C. PCK – Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2013, Campinas. **Atas...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. V.1.p.1-12.

FERNANDEZ, C. Revisitando a base de conhecimento e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 2, p. 500-528, 2015.

FERRARINI, F. O. C. **Desenvolvimento do conhecimento prático-profissional no processo de implementação de unidades didáticas multiestratégicas para o ensino de Química no contexto da formação inicial de professores**. Orientador: Amadeu Moura Bego. 2020, 424 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/191575>. Acesso em 15 mar. 2021.

FERRARINI, F. O. C.; BEGO, A. M. Categorias analíticas para a categorização de ideias prévias de professores sobre o planejamento de ensino: contribuições para a formação de professores de Química críticos e autônomos. **Química Nova na Escola**, v. 42, n.1, p. 88-104, 2020.

FERRAZ, A. P. do C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FERREIRA, L. H.; KASSEBOEHMER, A. C. **Formação inicial de professores de Química: a instituição formadora (re) pensando sua função social**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2012.

FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FLICK, U. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. Porto Alegre: Penso, 2013.

GAIA, S.; CESÁRIO, M.; TANCREDI, R. M. S. P. Formação Profissional e Pessoal: a trajetória de vida de Shulman e suas contribuições para o campo educacional. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 1, n. 1, p. 142-155, 2007.

GARCEZ, E. S. C. *et al.* O estágio supervisionado em Química: possibilidade de vivência e responsabilidade com o exercício da docência. **Alexandria**, v. 5, n. 3, p. 149-163, 2012.

GASTALDO, B. C. **Quatro estudos sobre o PCK e alguns reflexos na formação inicial de professores**. Orientadora: Paula Homem de Mello. 2017. 400f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia) – Centro de Ciências Naturais e Humanas, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.

GATTI, B. A. Formação de professores: condições e problemas atuais. **Revista Internacional de Formação de Professores (RIPF)**, v. 1, n. 2, p. 161-171, 2016.

GAUTHIER, C.; MARTINEAU, S.; DESBIENS, J. F.; MALO, A.; SIMARD, D. **Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente**. Tradução de Francisco Pereira de Lima. Ijuí: UNIJUÍ, 1998.

GESS-NEWSOME, J. Pedagogical content knowledge: an introduction and orientation. *In*: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Examining pedagogical content knowledge**. Dordrecht: Kluwer, 1999, Cap. 1, p. 3-17.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Bookman/Artmed, 2009. 198 p.

GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 2011.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens na educação em ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. Ijuí: Editora da Unijuí, 2008.

GIROTTTO JÚNIOR, G. **Análise do conhecimento pedagógico do conteúdo de professores de química a partir da perspectiva dos educandos**. Orientadora: Carmen Fernandez. 2015. 247 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

GIROTTTO JÚNIOR, G. Análise do PCK de professores de Química a partir da perspectiva dos estudantes e do pesquisador. *In*: X CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 2017, Sevilla. **Anais...** Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/339254-Texto%20del%20art%C3%ADculo-488862-1-10-20180719.pdf>. Acesso em: 11 maio 2020.

GOES, L. F. **Conhecimento pedagógico do conteúdo**: estado da arte no campo da educação e no ensino de química. Orientadora: Carmen Fernandez. 2014. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-30042015-154835/publico/Luciane_Fernandes_de_Goes.pdf. Acesso em 11 jul. 2023.

GOES, L. F.; NOGUEIRA, K. S. C.; FERNANDEZ, C. A importância dos estágios supervisionados no desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo. **Olhar de professor**, v. 21, n.2, p. 326 – 335, 2018.

GROSSMAN, P. L. **The making of a teacher**: teacher knowledge and teacher education. New York: Teachers College Press, 1990.

HENZE, I.; BARENDSEN, E. Unravelling student Science teacher's pPCK development and the influence of personal factors using authentic data sources. *In*: Hume, A., Cooper, R., Borowski, A. (Eds). **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. Springer: Singapore, Singapore, 2019. Cap. 9, p. 201 - 221.

HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds). **Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science**. Singapore: Springer, 2019.

INGUI, D. Entrevistas. **Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**. 2010. Disponível em:

<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&tipo=entrevista&edicao=53>. Acesso em: 15 jul. 2019.

INSTITUTO SEMESP. **Mapa do Ensino Superior 10 ed.** 2020. Disponível em: <https://www.semesp.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Mapa-do-Ensino-Superior-2020-Instituto-Semesp.pdf>. Acesso em 21 nov. 2022.

KÄPYLÄÄ, M.; HEIKKINENB, J.P.; ASUNTAA, T. Influence of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 10, p 1395 – 1415, 2009.

KIND, V. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. **Studies in Science Education**, v. 45, n. 2, p. 169-204, 2009.

KOBALLA, T.R.; GRÄBER, W.; COLEMAN, D.; KEMP, A.C. Prospective teachers' conceptions of the knowledge base for teaching chemistry at the gymnasium. **Journal of Science Teacher Education**, v.10, n. 4, p. 269–286, 1999.

LEE, E.; BROWN, M.; LUFT, J. A.; ROEHRIG, G. H. Assessing beginning secondary science teacher's PCK: pilot year results. **School Science and Mathematics**, v. 107, n.2, p. 52-60, 2007.

LOPES, A. C. **Currículo e Epistemologia**. 1. ed. Ijuí: Unijuí, 2007.

LOPES, R.O. **A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas**. Orientador: Everton Lüdke. 2017. 153 f. Dissertação (Pós-Graduação de Educação em Ciências) –

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.
Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/13266/DIS_PPGEC_2017_LOPE_S_RODRIGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 11 jul. 2023.

LOUGHRAN, J.; MILROY, P.; BERRY, A.; GUNSTONE, R. F.; MULHALL, P. Science Cases in Action: Documenting Science Teachers Pedagogical Content Knowledge through PaPeRs. **Research in Science Education**, v. 31, p. 267-289, p. 2001.

LOUGHRAN, J. MULHALL, P.; BERRY, A. In search of pedagogical content knowledge in Science: developing ways of articulating and documenting professional practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n.4, p. 370-391, 2004.

LUCKESI, C. C. **Filosofia da educação**. São Paulo: Cortez, 1994.

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

MAGNUSSON, S.; KRAJCIK J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. **Science & Technology Education Library**, v. 6, p. 95-132, 1999.

MARKS, R. Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. **Journal of Teacher Education**, v. 41, n. 3, p. 3–11, 1990.

MENEGOLLA, M.; SANT'ANNA, I. M. **Por que planejar? Como Planejar?**. 22. ed. Petrópolis: Vorazes, 2014.

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

MORALLES, V. A. **Vamos modelar, professor Hélio? Desenvolvimento do conhecimento prático-profissional por meio da implementação de uma unidade didática multiestratégica**. Orientador: Amadeu Moura Bego. 2021. 543 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/215847>. Acesso em 19 out. 2022.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. Pesquisa em Educação em Ciências: Métodos Qualitativos. *In*: MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. S. **Pesquisa em Ensino**: Métodos qualitativos e quantitativos. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Cap. 1, p. 5-31.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

NETO, A. J. C; BOZZINI, I. C. T.; FURLAN, E. G. M. O estágio de regência na aprendizagem da docência em química e em biologia. **Laplace em Revista**, v.2, n. 2, p. 42-50, 2016.

OLIVEIRA, B. R. M. **Eletroquímica e formação continuada: caminhos para desenvolver o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de professores de Química.** Orientadora Carmen Fernandez. 2019. 301 f. Tese de doutorado (Doutorado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-16062020-172404/publico/Brenno_Ralf_Maciel_Oliveira.pdf. Acesso em 02 jan. 2023.

OLIVEIRA JÚNIOR, M. M.; FERNANDEZ, C. O instrumento CoRe para a construção e análise do conhecimento pedagógico do conteúdo de licenciando. *In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2013, Águas de Lindóia. **Resumos...** Rio de Janeiro: Abrapec, 2013. V.1. p.1-12.

PARK, S.; CHEN, Y. C. Mapping out the integration of componentes of pedagogical content knowledge (PCK): exemples from high school biology classrooms. **Journal of research in Science Teaching**, v. 49, n. 7, p. 922 – 941, 2012.

PARK, S.; JANG, J. Y.; CHEN, Y. C.; JUNG, J. Is pedagogical content Knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching?: Evidence form an empirical study. **Research in Science Education**, v. 41, n. 2, p. 245-260, 2011.

PARK, S.; OLIVER, J. S. Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. **Research in Science Education**, v. 38, n. 3, p. 261–284, 2008.

PARK, S.; SUH, J.; SEO, K. Development and Validation of Measures of Secondary Science Teachers' PCK for Teaching Photosynthesis. **Research in Science Education**, v. 48, n. 3, p. 548-573, 2017. DOI: 10.1007/s11165-016-9578-y. PCK SUMMIT 2012. Disponível em: <http://pcksummit.bscs.org/>. Acesso em 26 jul. 2019.

PEREIRA, P. G. E. M.; FERNANDEZ, C. Indícios do modelo integrativo no desenvolvimento de PCK em licenciando em química durante o estágio supervisionado. **Revista de Educación de las Ciencias**, v. 14, p. 74-78, 2013.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. Estágio e docência: diferentes concepções. **Revista Poíesis**, v. 3, n. 3-4, p. 5-24, 2005.

PORLÁN, R.; RIVERO, A. **El conocimiento de los profesores**. Sevilla: Diada, 1998.

RIGUE, F. M.; CORRÊA, G. C. Uma genealogia da didática pelo viés da formação inicial de professores de Química no Brasil. **Acta Scientiarum Education**, v. 43, n. 1, 2021.

ROLLNICK, M.; BENNETT, J.; RHEMTULA, M.; DHARSEY, N.; NDLOVU, T. The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: a case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. **International Journal of Science Education, London**, v. 30, n. 10, p. 1365-1387, 2008.

SALAZAR, S. F. El conocimiento pedagógico del contenido como categoria de estudio de la formación docente. **Actualidades investigativas en educación**, v. 5, n. 2, 2005.

SALES, M. G. P. **Investigando o conhecimento pedagógico do conteúdo sobre “soluções” de uma professora de Química**. Orientadora: Carmen Fernandez. 2010. 253 f. Dissertação (Mestrado) apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-21022011-155615/publico/Maria_Gislaine_Pinheiro_Sales.pdf. Acesso em 15 mar. 2021.

SÁNCHEZ BLANCO, G.; VALCÁRCEL PÉREZ, M. V. Diseño de Unidades Didácticas en el área de Ciencias Experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 33-44, 1993.

SANMARTÍ, N. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Síntesis, 2002.

SANTOS, D. R. C. M.; LIMA, L. P.; JUNIOR, G. G. A formação de professores de Química, mudanças na regulamentação e os impactos na estrutura em cursos de licenciatura em Química. **Química Nova**, v. 43, n. 7, p. 977-986, 2020.

SCHWAB, J. J. Structure of the disciplines: meanings and significances. In: FORD, G. W; PUGNO, L. **The structure of knowledge and the curriculum**. Chicago: Rand McNally, 1964.

SEDUC-SP. Currículo Paulista. São Paulo, 2023a. Disponível em:

<https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2020/08/CURR%C3%8DCULO%20PAULISTA%20etapa%20Ensino%20M%C3%A9dio.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2023.

SEDUC-SP. SP faz escola: Caderno do professor, 2023. Disponível em:

<https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/download/cadernos-do-professor-v3-2020/SPFE%20EM%20Prof%20CienciasNatureza%203%C2%BA%20BI%20%C2%AA%20se%CC%81rie.pdf>. Acesso em 19 jan. 2023.

SHAVELSON, R.; RUIZ-PRIMO, M. A.; WILEY, E. W. Windows into the mind. **Higher Education**, v. 49, n. 4, p. 413 – 430, 2005. DOI: 10.1007/s10734-004-9448-9.

SHULMAN, L. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SHULMAN, L. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

SHULMAN, L. S. Its genesis and exodus. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Ed.). **Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education**. United Kingdom: Routledge, 2015. Cap. 1, p. 3–13.

SILVA, A. N.; FERNANDEZ, C. Um professor de química, um conteúdo e dois contextos escolares: do PCK pessoal para o PCK em ação. **Ensaio: pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, p. 1 – 25, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/ipecc/a/cVRqj3FZJcT4D6c7M99L9mJ/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em 06 jul. 2023.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. *In*: SANTOS, W. L.P.; MALDANER, O. A.; MACHADO, P. F. L. **Ensino de Química em foco**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2013. Cap. 9, p. 231-261.

SILVA, R. M. G.; SCHNETZLER, R. P. Concepções e ações de formadores de professores de Química sobre o estágio supervisionado: propostas brasileiras e portuguesas. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2174 – 2183, 2008.

SMITH, S.; BANILOWER, E. Assessing PCK: a new application of the uncertainty principle. *In*: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J.(Eds.). **Re-examining pedagogical content knowledge in science education**. London: Routledge Press, 2015, Cap. 7, p. 88-103.

TAMIR, P. Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. **Teaching and Teacher Education**, v. 4, n. 2, p. 99–110, 1988. DOI: 10.1016/0742-051X(88)90011-X.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 8. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

VEAL, W.R.; MAKINSTER, J.G. Pedagogical content knowledge taxonomies. **Electronic Journal of Science Education**, v. 3, n. 4, 1998.

VEIGA, I. P. A.; DAMIS, O. T.; LOPES, A. O.; LIMA, M. E.; CASTANHO, M.; MARTINS, P. L. O.; RAYS, O. A.; CAPOREALINI, M. B. S. C.; KENSKI, V. M.; CUNHA, M. I. **Repensando a didática**. Campinas, SP: Papirus, 1992.

YIN, R, K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto alegre: Bookman, 2001.

YIN, R. K. **Pesquisa Qualitativa**: do início ao fim. Tradução de Daniel Bueno. Porto Alegre: Penso, 2016. Título original: Qualitative Reserch from Start Finish.

ZOCA, C. C. Transformação da prática pedagógica e identidade profissional de um professor universitário de Química: o caso da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica. Orientador: Amadeu Moura Bego. 2021. 192 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/373b1497-babb-43cd-a19e-4508a8c80d00/content>. Acesso em 21 nov. 2023.

ZULUAGA TRUJILLO, C. H. **O conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) do professor de Química e seu desenvolvimento a partir da reflexão sobre os modelos de ligação química e sua modelagem**. Orientador: Luiz Antônio Andrade de Oliveira. 2016. 288 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/150729>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ANEXOS E APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de consentimento Livre e Esclarecido

O Sr(a) _____,
RG _____, nascido em _____, do sexo _____
_____, residente _____ à

na cidade de _____, está sendo convidado a participar do estudo: “A implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas e o desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial”, cujo objetivo é investigar em que medida o processo de implementação de uma UDM contribui para o desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial. O referido estudo deverá seguir as diretrizes e normas estabelecidas pelas resoluções nº 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde.

Para tanto, a coleta de dados será feita por métodos variados objetivando a triangulação dos dados. Os métodos utilizados serão: entrevistas, questionários, relatório de observação, registro audiovisual e análise das unidades didáticas multiestratégicas produzidas.

Os riscos envolvidos na pesquisa são pequenos desconfortos ao preenchimento dos questionários e/ou entrevistas. Os benefícios além do auxílio à pesquisa são o desenvolvimento de habilidades de planejamento de unidade didática multiestratégica e aprimoramento de autoanálise pré e pós-aula. A participação não contará com gratificação seja financeira seja de outra forma.

Qualquer dúvida ou esclarecimento poderá ser dado pela pesquisadora responsável, **Milena Alves**, RG 48.149.055-3, que pode ser encontrada no endereço Rua Prefeito José Gonçalves de Oliveira Neto, 280, cidade de Bocaina-SP, CEP 17245-120, e no telefone (14) 996469950.

O Sr (a) tem garantia de sigilo de todas as informações coletadas e pode retirar seu consentimento a qualquer momento, sem nenhum prejuízo ou perda de benefício.

Eu, _____,
declaro ter sido informado (a) e estar devidamente esclarecido (a) sobre os objetivos deste estudo, sobre as técnicas e procedimentos a que estarei sendo submetido e sobre os riscos e desconfortos que poderão ocorrer. Recebi garantias de sigilo e de obter novos esclarecimentos sempre que desejar. Assim, concordo em participar voluntariamente deste estudo e sei que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem nenhum prejuízo ou perda de qualquer benefício.

Data: ____/____/2020

Assinatura do sujeito da pesquisa

Eu, **Milena Alves**, responsável pela pesquisa “A implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas e o desenvolvimento do PCK de professores de Química em formação inicial” declaro que obtive espontaneamente o consentimento deste sujeito de pesquisa para realizar o estudo.

Data: ____/____/2020

Assinatura do pesquisador responsável

Apêndice B – PaPeR - Grupo Pamela, Shirley e Julie

Tema	Reunião	Data	Participantes	Duração da reunião
Forças de interação intermoleculares	Planejamento - Tarefa 1	19/11/2020	Pamela, Shirley, Julie e Shulman	28 min 29 s
Objetivo	Discutir a elaboração da Tarefa 1 - Caracterização do contexto			

Link da UDM: <https://docs.google.com/document/d/1-xmvtOOUkG6NIG0AgguZbbaDyrggeROKk9ZhZx7UTw0/edit>

Link do questionário (alunos devem responder):

https://docs.google.com/forms/d/1dPzuh4bvXCpaTNI9ltDZ_A8KFcLDmF8AKAJpVQ4Dtpw/edit?usp=drive_web

O professor formador apresentou como será a dinâmica da disciplina e das reuniões de orientação, que serão semanais. Explicou ainda que o processo é bem formativo e com muitos feedbacks, para que as tarefas não sejam burocráticas e sim formativas.

Outra informação importante destacada pelo professor formador foi a de que, em virtude da pandemia da Covid-19, as professoras que vão receber as alunas estagiárias só disponibilizaram uma semana para o estágio, ou seja, apenas duas aulas.

A primeira tarefa foi explicada: qual sua função, objetivos. E o professor fez sorteio de qual integrante do grupo ia fazer a apresentação da tarefa. A sorteada foi a licencianda Pamela. Em resumo, Pamela apresentou as informações que encontraram em um Website sobre a instituição de ensino. Entre as informações estavam a infraestrutura da instituição, o número de turmas e a caracterização da turma para a qual a UDM seria planejada. Para caracterizar bem os estudantes da turma, as licenciandas elaboraram um formulário, contendo questões como: faixa etária, cidade em que residem, se os alunos tinham acesso à internet, ambiente adequado para estudar.

Sobre a caracterização da instituição, o professor formador acrescentou que seria importante as licenciandas caracterizarem o bairro em que a instituição

se localiza, uma vez que essa informação ajuda na caracterização do contexto escolar.

O professor orientador perguntou: Que informações apresentadas da caracterização do contexto vocês destacariam e como isso influencia no planejamento? Essa pergunta tem a intenção de chamar a atenção das licenciandas para o fato de a escola ser uma escola técnica, ou seja, trata-se de uma especificidade que pode influenciar no planejamento de aulas mais contextualizadas e para o fato de a turma ser uma turma de 2º ano, ou seja, que é mais homogênea e já está a mais tempo junta e acostumada com a escola, por exemplo. Essas informações, segundo ele, devem influenciar na formação de grupos e nos conhecimentos dos alunos, que possivelmente é mais parecida em comparação com uma turma de 1º ano, em que os alunos vêm de escolas diferentes e com níveis de aprendizagem bastante heterogêneos.

Nenhuma das alunas destacou essas informações. A licencianda Pamela destacou como importante saber se os alunos trabalham e se eles possuem notebook, haja vista que as aulas estão no contexto remoto. Shirley concordou com a Pamela e destacou que no atual momento a informação mais importante seria sobre o ambiente adequado de estudos e aparatos que possibilitem o acesso às aulas. Julie ressaltou a importância de os professores disponibilizarem um canal de comunicação com os estudantes.

O **Quadro 49** traz os detalhes da Tarefa 1 entregue na reunião de orientação.

Quadro 49. Primeira versão da Tarefa 1.

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Nome da unidade escolar	
Endereço completo	
Site e e-mail	
Caracterização da unidade escolar	O campus iniciou suas atividades em 16 de agosto de 2010, fica localizado no bairro Jardim dos Manacás, está próximo de bairro residenciais inclusive do condomínio Parque Arpoador, do Shopping Jaraguá, uma região de classe média da cidade. No início da inauguração foi aberto para as turmas para os cursos técnicos de informática e mecânica e em seguida para o curso superior de Licenciatura em Matemática e as turmas do Ensino Médio. Em sua estrutura, o Instituto Federal possui laboratórios de informática, laboratórios da área da indústria e a oficina mecânica situados nos

	blocos J e I, também comporta biblioteca para todos os alunos dos cursos com livros variados, além da cantina e uma quadra de esportes. Oferece aulas nos três períodos, sendo que no período matutino ocorrem as aulas do Ensino Médio, e o período noturno é destinado ao curso superior. Nos períodos da manhã e tarde realiza-se o cursos técnicos. Mediante o cenário de pandemia a secretaria e coordenação não estão funcionando fisicamente, mas estão atendendo via e-mail. Para a elaboração de algumas aulas professores de disciplinas que necessitam do apoio das salas ou laboratórios gravam as aulas no próprio Instituto, seguindo os protocolos estabelecidos para contenção do vírus durante a pandemia.
Disciplina	Química
Ano/turma	2º INFO B
Professor responsável	Omitido neste trabalho para preservar a identidade da professora.
Número de estudantes	20 alunos
Caracterização dos estudantes	Os alunos da turma possuem uma faixa etária entre 15 a 17 anos. A maioria dos estudantes residem em Araraquara, mas existe uma boa parte da turma que moram em cidades vizinhas (Dourados, Américo Brasiliense e Boa Esperança do Sul). Todos os alunos cursaram o 1º ano no próprio IF, ou seja, é uma turma que já se conhece e já possui um convívio juntos, facilitando a criação de grupos para atividades. Os alunos cursam em um outro período o curso técnico de informática na escola e segundo a professora, se trata de uma turma em geral muito boa e engajada nos estudos. Quanto às especificidades do regime remoto, todos os alunos possuem aparelhos tecnológicos para a realização das atividades escolares, sendo eles em sua grande maioria notebook e também celulares ou tablets. Quanto ao ambiente adequado em casa, apenas metade dos alunos possuem boas condições para acompanhar as aulas (boa conexão de internet, ambiente silencioso e livros para estudo). Além disso, apenas 3 alunos possuem um trabalho em outro período.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tema	Reunião	Data	Participantes	Duração da reunião
Forças de interação intermoleculares	Planejamento - Tarefa 2	26/11/2020	Pamela, Shirley, Julie e Shulman	41 min 11 s
Objetivo	Discutir a elaboração da Tarefa 2 - Análise científico-epistemológica			

Nesta semana, a licencianda Shirley foi a sorteada para apresentar a Tarefa 2. Para tanto, ela compartilhou a UDM e foi lendo e discutindo os procedimentos da tarefa. A aluna Julie não pode estar presente nessa reunião por problemas pessoais.

A aula que elas estão planejando é sobre o conteúdo Forças de Interação INTERMOLECULARES. Assim, para esse conteúdo, as licenciandas apontaram qual seria o conteúdo programático: polaridade de ligações; polaridade de moléculas; polaridade e solubilidade; forças de interação intermoleculares; forças intermoleculares e ponto de ebulição.

Os pré-requisitos destacados foram: Modelo de Rutherford; modelo de Bohr e a constituição da matéria; o uso do número atômico como critério para organizar a tabela periódica; ligações químicas; transformações químicas como resultantes da quebra e formação de ligações; previsões sobre tipos de ligação dos elementos a partir da posição na tabela periódica.

Nesse momento, o professor formador fez um esclarecimento, dizendo que quando um professor vai dar uma aula sobre determinado conteúdo, existe o que é IMEDIATAMENTE anterior. Assim, os modelos de Bohr e Rutherford não seriam imediatamente anteriores. Por exemplo, não seria necessário saber sobre ligação metálica para que o aluno conseguisse aprender Forças de Interação Intermoleculares. Após esse esclarecimento, as licenciandas citaram o conceito de eletronegatividade como um pré-requisito importante para o entendimento das interações. A ligação covalente e geometria molecular são outros pré-requisitos que foram acordados pelas licenciandas e o professor formador.

A licencianda Pamela questionou sobre como elas (estagiárias) vão saber se a professora do estágio já está trabalhando ou se já trabalhou esses pré-requisitos. O professor formador então disse que é por esse motivo que elas fazem o acompanhamento das aulas da professora da turma duas semanas antes de elas darem as aulas para os alunos.

Sobre as orientações curriculares, as licenciandas colocaram todas as informações que encontraram no currículo sobre a temática. O professor formador interferiu mais uma vez e disse que seria importante focar no assunto específico, excluindo informações sobre ligações químicas e compostos iônicos, por exemplo.

A parte mais importante desta tarefa, segundo o professor formador, é a dos três aspectos dos conteúdos conceituais: aspecto fenomenológico, teórico e representacional.

No aspecto fenomenológico, as licenciandas incluíram a polaridade das moléculas que podem ser observadas a partir da solubilidade em água e outros solventes; incluíram também que as forças de interação intermoleculares podem ser observadas nas colas, adesivos e quando a lagartixa percorre uma superfície sem cair. Por último, explicaram que o ponto de ebulição é influenciado pelas forças de interação. O professor formador pediu apenas que as licenciandas acrescentassem exemplos concretos, para que esses exemplos ajudassem as licenciandas a pensarem em fenômenos de interesse para as aulas.

No aspecto teórico as licenciandas explicaram a polaridade das ligações, especificando quando se observa uma ligação polar e uma ligação apolar. Em seguida, explicaram a polaridade das moléculas que depende da geometria das ligações e dos tipos de ligações.

Durante a explicação desse aspecto, as licenciandas perceberam que tinham incluído um item “interações entre íons”, que após a conversa com o professor orientador, já perceberam que não estava adequado à UDM. Nesse momento, elas já concordaram que esse item poderia ser excluído.

As forças intermoleculares foram em seguida explicitadas na UDM. Para tanto, as licenciandas apresentaram as características de cada uma das forças existentes entre moléculas.

O professor formador iniciou uma pequena discussão a fim de identificar pontos de dúvidas nas licenciandas. A primeira pergunta feita foi: “Como você definiria uma força intermolecular?” Shirley, então, respondeu que seria interação entre moléculas. Outra pergunta realizada foi: “O que seria uma força intramolecular?” A licencianda Shirley ficou um pouco confusa com a pergunta, mas após um tempo respondeu que seria a ligação entre os átomos. O professor formador então complementou dizendo que a força intramolecular seria a própria ligação covalente.

Outra pergunta: “Por que a ligação de hidrogênio é mais intensa que a interação dipolo-dipolo?” A licencianda Shirley respondeu de forma incompleta que é porque nessa interação, ligação de hidrogênio, tem-se um átomo pequeno e muito eletronegativo ligado ao hidrogênio. O professor formador insistiu, “mas por que ela vai ser mais intensa?” A Shirley disse que não conseguiria responder e, então, a Pamela foi convidada a ajudar. Para ajudar o professor formador fez outra pergunta “O que mantém duas moléculas polares unidas?” Em seguida, o

professor iniciou uma pequena explicação sobre a interação entre duas moléculas polares, ressaltando que elas se tornam um dipolo e os polos opostos se atraem, por meio de atração eletrostática. Repetiu a pergunta: “Por que a ligação de hidrogênio é mais intensa que a interação dipolo-dipolo?” A licencianda Pamela responde que é por conta de que essa atração vai ser mais forte, ou seja, a intensidade da polarização é mais intensa.

O professor emenda então uma pergunta: “o que é mais fácil separar, HCl de HCl ou HF de HF?” As licenciandas imediatamente responderam que seria mais fácil separar HCl de HCl, pois a intensidade de interação é menor. E o professor complementou que é por isso que é possível explicar as propriedades físicas das substâncias moleculares a partir das Forças de Interação Intermoleculares.

No aspecto representacional, as licenciandas trouxeram a representação da atração dos elétrons, a tabela periódica com os átomos mais eletronegativos e representações das polaridades de ligações e moléculas. Em uma das imagens trazidas pelas licenciandas (**Figura 5** da Tarefa entregue), era possível notar a representação dos três estados físicos da matéria. O professor formador, perguntou, então, “essa é uma boa representação?” As licenciandas argumentam que não porque não é possível ver a interação intermolecular nos diferentes estados físicos. E o professor acrescenta que na representação parecem estar representados átomos (por meio de bolinhas) e não moléculas.

As licenciandas perguntaram sobre a interação íon-dipolo “Seria importante trazer ela para os alunos?” O professor formador esclareceu que essa interação seria um complemento para depois que os alunos tivessem entendido as demais interações, porque já mistura a ligação iônica com a interação com moléculas.

A última pergunta feita pelo professor formador foi na tentativa de explorar o conhecimento das licenciandas sobre as ligações entre moléculas apolares. Shulman perguntou como aconteciam as interações entre moléculas apolares se não existem interações eletrostáticas. Pamela respondeu que os elétrons estão em movimento, deixando, em algum momento, o núcleo exposto. Shulman insistiu e perguntou, se em uma molécula polar (como HCl) os elétrons também não estariam em movimento? Pamela respondeu que estão sim em movimento mais para um lado do que outro. O professor formador orientou que elas

retomassem o estudo desse tópico e a questão ficou para ser retomada na próxima reunião de orientação.

O último procedimento da Tarefa 2 é a elaboração de um mapa conceitual. As próprias licenciandas foram falando conceitos que poderiam ser adicionados e/ou retirados no mapa elaborado. O professor formador pediu que elas acrescentassem a parte da polaridade e incluíssem definições de moléculas apolares e polares.

Para finalizar, o professor formador disse que os principais elementos da Tarefa estavam adequados e que só precisam ser aprofundados.

O **Quadro 50** traz os detalhes da Tarefa 2 entregue na reunião de orientação.

Quadro 50. Primeira versão da Tarefa 2.

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA	
Conteúdo programático da UDM	• Polaridade de ligações (Eletronegatividade, Ligações polares e ligações apolares). • Polaridade de moléculas • Polaridade e solubilidade • Forças de Interação intermoleculares (Interações dipolo-dipolo, Ligação de hidrogênio, Interações dipolo-dipolo induzido). • Forças intermoleculares e ponto de ebulição
Pré-requisitos para a UDM	• O modelo de Rutherford e a natureza elétrica dos materiais • O modelo de Bohr e a constituição da matéria • O uso do número atômico como critério para organizar a tabela periódica • Ligações químicas (iônica, covalente e metálica) em termos de forças elétricas de atração e repulsão • Transformações químicas como resultantes de quebra e formação de ligações • Previsões sobre tipos de ligação dos elementos a partir da posição na tabela periódica • Geometria espacial das moléculas
Orientações curriculares oficiais sobre o tema	De acordo com o Currículo do Estado de São Paulo (2011), o tema “materiais e suas propriedades” está previsto para o 3º bimestre do 2º ano e relacionam o comportamento dos materiais, as relações entre propriedades das substâncias e suas estruturas Interações interpartículas e intrapartículas e algumas propriedades dos materiais. Os conteúdos previstos segundo Currículo do estado de São Paulo (2011) são: • Polaridade das ligações covalentes e das moléculas; • Forças de interação entre as partículas – átomos, íons e moléculas – nos estados sólido, líquido e gasoso; • Interações inter e intrapartículas para explicar as propriedades das substâncias, como temperatura de fusão e de ebulição, solubilidade e condutibilidade elétrica; • Dependência da temperatura de ebulição dos materiais com a pressão atmosférica. Segundo o Currículo, as Habilidades prevista para os alunos são:

	• Reconhecer os estados sólido, líquido e gasoso em função das interações eletrostáticas entre átomos, íons e moléculas; • Representar sólidos iônicos por meio de arranjos tridimensionais dos íons constituintes; • Estabelecer diferenciações entre as substâncias a partir de suas propriedades; • Reconhecer ligações covalentes em sólidos e macromoléculas; • Reconhecer as forças de interação intermoleculares (forças de London e ligações de hidrogênio); • Relacionar as propriedades macroscópicas das substâncias às ligações químicas entre seus átomos, moléculas ou íons; • Interpretar em nível microscópico a dissolução de sais em água; • Interpretar a dependência da temperatura de ebulição das substâncias em função da pressão atmosférica; • Fazer previsões a respeito de propriedades dos materiais a partir do entendimento das interações químicas inter e intrapartículas; • Fazer previsões sobre o tipo de ligação química de uma substância a partir da análise de suas propriedades; • Analisar informações sobre impactos ambientais, econômicos e sociais da produção e dos usos dos materiais estudados.
Conteúdos conceituais - Identificação dos fatos e/ou fenômenos de interesse (aspecto fenomenológico) - Interpretação dos fatos ou fenômenos de interesse (aspectos teórico e simbólico)	• Aspecto fenomenológico As polaridades das moléculas podem ser observadas por meio da solubilidade das substâncias. Isso se dá pelo fato de que substâncias polares se dissolvem somente em substâncias polares e compostos apolares somente se dissolvem com compostos apolares e isso pode ser observado por exemplo na água (polar) e óleo (apolar) que não se misturam. As forças de interação entre as moléculas são responsáveis por muitos fenômenos que podem ser observados, como por exemplo na atuação de colas e adesivos; na viscosidade de líquidos e alimentos presentes no cotidiano; na tensão superficial observada nos líquidos quando por exemplo enchamos um copo com água até sua superfície, além das características de sólidos cristalinos iônicos como sendo frágil. As lagartixas também são exemplos de como atuam as forças intermoleculares, pois possuem em suas patas o poder aderente e antiaderente devido a enorme quantidade de fios pequenos, compostos por substâncias apolares, propiciando interação em superfícies lisas e rugosas que sustentam todo o seu corpo. As propriedades físicas decorrentes das forças de interação entre as moléculas também podem ser observadas por meio do ponto de ebulição de algumas substâncias, por exemplo a água que possui um alto P.E. devido a sua forte interação formada por ligações de hidrogênio. • Aspecto Teórico <i>Polaridade das ligações</i> Durante uma ligação, os átomos envolvidos passam a obter uma carga parcial. Quando há uma ligação com contribuição iônica para a ressonância que resultam em cargas parciais ela é chamada de <u>ligação covalente polar</u>. Todas as ligações entre átomos de elementos diferentes são, até certo ponto, polares. Quando há uma ligação de moléculas diatômicas homonucleares (do mesmo elemento) são <u>apolares</u> ou <u>não polares</u> (ATKINS; JONES, 2012). Em ligações covalentes polares, os dois átomos formam um <u>dipolo elétrico</u>, ou seja, uma carga parcial positiva próxima a uma carga parcial negativa. O tamanho de um dipolo elétrico (medida da magnitude das cargas parciais) é chamado de <u>momento de dipolo elétrico</u> (letra grega mu) em unidades de Debye (D) (ATKINS; JONES, 2012).

Dessa maneira, a ligação será polar quando um átomo tem um poder de atração do elétron maior do que o outro átomo que está ligado e então, o par de elétrons terá uma probabilidade maior de ser encontrado ao primeiro, que possui o maior poder de atração, também chamado de eletronegatividade, representadas pela letra grega χ . Os átomos que possuírem maior eletronegatividade tem um maior poder de atrair os elétrons e dessa maneira afastá-los do átomo que tem a menor eletronegatividade (ATKINS; JONES, 2012)..

O químico norte-americano Robert Mulliken desenvolveu uma maneira de medir a eletronegatividade dos átomos como sendo a média entre a energia de ionização e a afinidade eletrônica do elemento (expressas em elétron-volts). Caso a energia de ionização do átomo for alta, ele irá doar um elétron com dificuldade. Se a afinidade eletrônica do elemento for alta, ligar um elétron a um átomo será energeticamente favorável, portanto, os elementos que tiverem essas duas características irão perder os elétrons com dificuldade e tendem a ganhá-los, o contrário também é verdadeiro, se um átomo possuir uma baixa energia de ionização e uma baixa afinidade eletrônica, será necessário pouca energia para que o elemento doa os elétrons, portanto possui uma baixa eletronegatividade (ATKINS; JONES, 2012).

Polaridade das moléculas

Uma molécula será polar quando possui um momento de dipolo diferente de zero. Nesse caso, uma molécula diatômica será polar se sua ligação for polar (exemplo: H-Cl que possui momento de dipolo: 1,1D) e todas as moléculas diatômicas formadas por átomos de elementos diferentes terão polaridade (ATKINS; JONES, 2012)..

Por outro lado, uma molécula será apolar se o momento de dipolo elétrico é igual a zero, ou pode-se afirmar que todas as moléculas diatômicas homonucleares (formadas pelo mesmo elemento) são apolares devido a suas ligações apolares (exemplo: O₂, N₂ ou Cl₂) (ATKINS; JONES, 2012). É diferente para moléculas poliatômicas, que podem ser apolares mesmo se suas ligações forem polares, como exemplo os momentos de dipolo C-O do dióxido de carbono apontam para direções opostas e portanto se cancelam, logo CO₂ é uma molécula apolar. No caso da água, os momentos de dipolo formam um ângulo de 104,5° entre si e não se cancelam, portanto será polar. O mesmo ocorre para moléculas mais complexas como dicloro eteno (C₂H₂Cl₂) que possuem sua forma cis sendo polar e trans sendo apolar, devido aos momentos de dipolo se cancelarem ou não (ATKINS; JONES, 2012).

Interações entre íons

Quando se trata de ligações iônicas, um aspecto fundamental para a formação dessas ligações é a energia de interação entre íons em um sólido, que deve ser suficiente para superar a energia necessária para produzir os íons. Um sólido iônico é mantido pela interação entre todos os cátions com todos os aniões em maior ou menor grau, todos os cátions repelem uns aos outros e todos os ânions repelem uns aos outros.

Esse conceito pode ser expressado como determina a *rede cristalina do sólido*, ou seja, a diferença de energia dos íons empacotados de um sólido e os íons muito afastados de um gás. Quando há uma energia de rede cristalina muito alta, os íons estão interagindo fortemente uns com os outros para formar um sólido fortemente ligado (ATKINS; JONES, 2012).

Os sólidos iônicos possuem características muito típicas como altos pontos de fusão e a fragilidade, que podem ser explicadas pelas interações eletrostáticas fortes entre os íons. Isso ocorre pois é necessário uma temperatura elevada para que os íons possam se mover uns em relação aos outros para formar o líquido e são frágeis pois suas atrações e repulsões são fortes, ou seja, ao bater em um sólido iônico, os íons de mesma carga entram

em contato e se repelem, fazendo com que ele se despedace em fragmentos (ATKINS; JONES, 2012).

Forças Intermoleculares

As forças entre as moléculas fundamentam as propriedades físicas da matéria e ajudam a explicar as diferenças entre as substâncias. Quando se trata dos gases, as forças intermoleculares possuem uma menor importância, pois as moléculas estão muito afastadas entre si e portanto não há tanta interação, exceto durante colisões. Entretanto é muito importante em líquidos e sólidos para determinar suas propriedades físicas (ATKINS; JONES, 2012).

As forças intermoleculares são as responsáveis pelos estados físicos das substâncias (sólido, líquido e gás ou vapor), podendo uma substância sólida apresentar mais de uma fase sólida, como é o caso do carbono (diamante e grafite) com arranjos diferentes dos átomos. A fase condensada representa uma fase sólida ou líquida e a temperatura a qual um gás se condensa para formar um líquido ou um sólido irá depender da intensidade das forças atrativas entre as moléculas (ATKINS; JONES, 2012):

- Forças íon-dipolo se referem às interações entre um íon e as cargas parciais de uma molécula polar, podendo ser a água, como é o caso da hidratação. Nesse sentido, os sólidos iônicos dissolvem-se em água, pois a carga parcial do átomo de O é atraída pelo cátion e as cargas parciais positivas dos átomos de H são repelidas. Nesse sentido, as moléculas de água se aglomeram ao redor do cátion, com os átomos de oxigênio apontando para o interior e os de hidrogênio para o exterior. São interações de curta distância, portanto, as moléculas polares devem estar muito próximas de um íon para ocorrer essa interação que é considerada fraca, devido as cargas serem apenas parciais das molécula polar.
- Forças dipolo-dipolo ocorrem entre moléculas POLARES e acontecem por meio da atração entre as cargas parciais de suas moléculas. Essas interações são mais fracas do que as interações entre íons e diminuem rapidamente com a distância, principalmente em fases líquidas e gasosas, em que as moléculas se encontram em rotação, mas ainda assim serão muito mais fortes na fase líquida pois as moléculas estão muito mais próximas do que na fase gasosa. Além disso, quanto mais polares as moléculas forem, mais forte será essa interação.
- Forças de London resultam da atração entre os dipolos elétricos instantâneos de moléculas vizinhas e podem ocorrer em todos os tipos de moléculas, incluindo as apolares. Sua energia aumenta com o número de elétrons da molécula, que estão em movimento e podem deixar o núcleo exposto em algum momento, portanto, desse tipo de interação depende da polarizabilidade das moléculas, ou seja, a facilidade de deformação das nuvens de elétrons.
- Forças dipolo-dipolo induzido Quando uma molécula polar interage com uma molécula apolar, ou seja, ocorrem devido a capacidade que uma molécula tem de induzir um momento de dipolo em outra molécula. Nesse caso, a molécula que irá induzir o momento de dipolo tem um momento de dipolo permanente.
- Ligação de hidrogênio é uma interação intermolecular muito específica, pois ocorre quando um átomo de hidrogênio está ligado a um átomo pequeno e fortemente eletronegativo (especificamente N, O ou F), sendo atraído pelo par isolado de elétrons de outro átomo de N, O ou F. Esse tipo de interação é a mais forte de todas e é responsável pela manutenção da forma das moléculas biológicas, possuindo um papel vital em suas funções biológicas.

Quando a atração entre as moléculas é muito forte, se faz necessário uma energia muito elevada para quebrar as ligações e separar essas moléculas. Nesse sentido, as substâncias que possuem uma maior força intermolecular entraram em ebulição em temperaturas mais elevadas, isto é, possuem maior ponto de ebulição (ATKINS; JONES, 2012)..

As ligações de hidrogênio são extremamente fortes devido a atração do átomo de H por um par de elétrons de átomos de N, O e F e por isso apresentam em geral altos pontos de ebulição.

- Líquidos: as moléculas são mantidas por forças intermoleculares porém tem energia suficiente para se movimentarem, eventualmente colidindo uma com as outras. Durante a fusão de sólidos cristalinos, a ordem de longo alcance se perde, pois no líquido, a energia cinética das moléculas supera eventualmente as forças intermoleculares. As forças de interação são responsáveis pela capilaridade e pela tensão superficial dos líquidos.
- Nos sólidos as moléculas ficam presas por forças intermoleculares e não pode se mover livremente, somente pode oscilar em torno de uma posição média.
- Nos gases, as moléculas podem se movimentar com muita liberdade e portanto, a ação das forças intermoleculares é muito pequena e o movimento é altamente desordenado.

- **ASPECTO SIMBÓLICO/ REPRESENTACIONAL**

- *Polaridade das ligações:*

Na convenção original (mais antiga), um dipolo é representado por uma seta que aponta para a carga parcial negativa (Figura 1a), já na convenção moderna, a seta do dipolo aponta para a carga parcial positiva (Figura 1b)

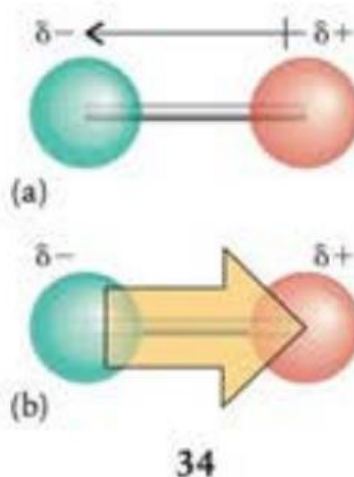


Figura 1. Representação do momento de dipolo elétrico entre duas moléculas com cargas parciais diferentes

A representação da eletronegatividade dos átomos e seu poder de atrair elétrons quando é parte de um composto pode ser representada na Figura 2, que apresenta um átomo com alta eletronegatividade representado pela maior seta.

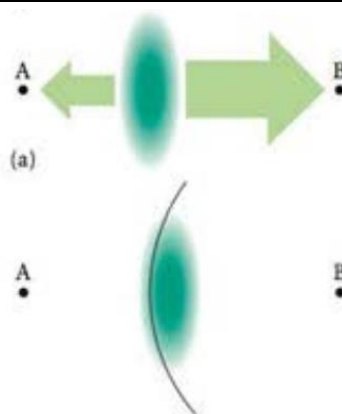


Figura 2. Atração dos elétrons em átomos mais eletronegativos

A eletronegatividade dos elementos podem ser encontrados por meio da Tabela Periódica, que está representada na Figura 3.

				H 2,2				18/VIII He
	1	2	13/III	14/IV	15/V	16/VI	17/VII	
2	Li 1,0	Be 1,6	B 2,0	C 2,6	N 3,0	O 3,4	F 4,0	Ne
3	Na 0,93	Mg 1,3	Al 1,6	Si 1,9	P 2,2	S 2,6	Cl 3,2	Ar
4	K 0,82	Ca 1,3	Ga 1,6	Ge 2,0	As 2,2	Se 2,6	Br 3,0	Kr
5	Rb 0,82	Sr 0,95	In 1,8	Sn 2,0	Sb 2,1	Te 2,1	I 2,7	Xe
6	Cs 0,79	Ba 0,89	Tl 2,0	Pb 2,3	Bi 2,0	Po 2,0	At	Rn

Figura 3. Eletronegatividade dos elementos distribuídos na Tabela Periódica

- *Polaridade das Moléculas:*

As cores representam como a densidade eletrônica está distribuída na molécula, sendo as regiões parcialmente positivas em azul e parcialmente negativas em vermelho.



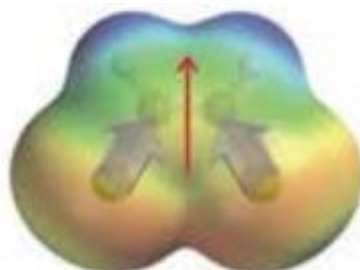
26 Dióxido de carbono, CO_2



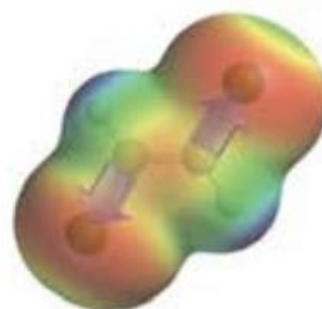
27 Dióxido de carbono, CO_2



28 Água, H_2O



29 *cis*-Dicloro-eteno, $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$



30 *trans*-Dicloro-eteno $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$

- *Forças intermoleculares*

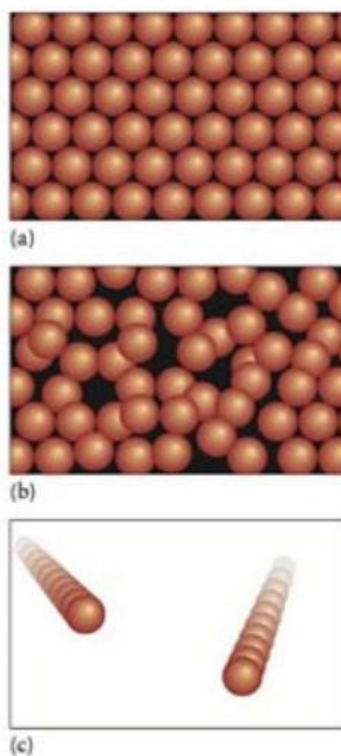


Figura 5. Representação molecular dos três estados físicos da matéria (a) sólido, (b) líquido e (c) vapor

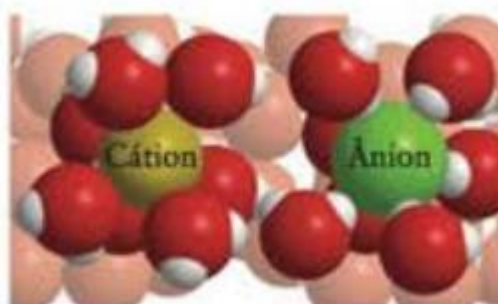


Figura 6. Representação da força de interação íon-dipolo quando ocorre uma hidratação, ou seja, os íons interagindo com a molécula de água.

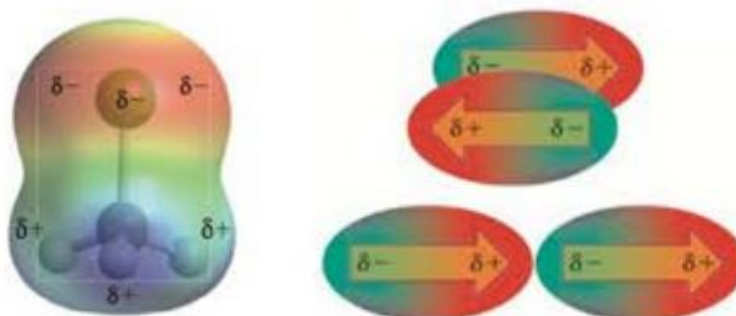


Figura 7. Representação de forças de interação dipolo-dipolo em que as moléculas polares atraem umas as outras por interação entre as cargas parciais de seus dipolos elétricos (representado pela seta)

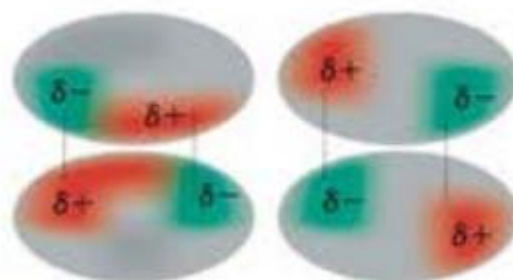
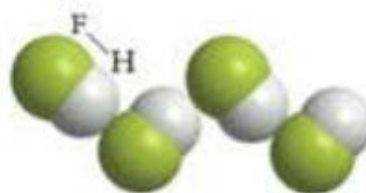
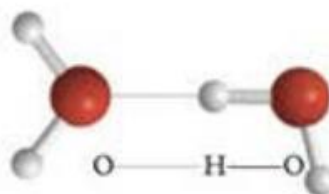
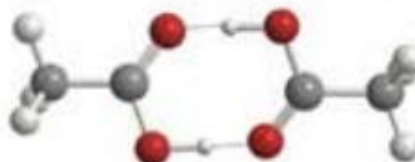


Figura 8. Representação da flutuação rápida da distribuição eletrônica em duas moléculas vizinhas resulta em dois momentos de dipolos elétrico instantâneos que se atraem (Forças de London e dipolo-dipolo induzido)



11 Fluoreto de hidrogênio, (HF)_n



12 Dímero do ácido acético

Figura 9. Representação da Ligação de Hidrogênio em água; fluoreto de hidrogênio e dímero do ácido acético

Perfil conceitual ou desenvolvim ento histórico do conceito principal da UDM

Os estudos das interações intermoleculares e sua manifestação sobre o comportamento de sistemas químicos se iniciaram a mais de dois séculos atrás com estudos e experimentos pioneiros em sistemas gasosos realizados por cientistas como Robert Boyle, Jacques Charles, Joseph-Louis Gay-Lussac e Johannes van der Waals (ROCHA, 2001).

A teoria sobre as forças intermoleculares foi proposta pelo físico Johannes Diderik van der Waals, que ganhou o prêmio nobel em 1910, inclusive as forças são chamadas de van der Waals, com exceção as forças de íons. Foi em 1921, utilizando cálculos matemáticos, que o físico holandês Willem Keesom, concluiu que as interações entre as moléculas polares ocorrem por meio da atração eletrostática entre as cargas parciais devido a diferença de eletronegatividade, produzindo dipolos permanentes, e por isso é a mais forte das forças de van der Waals (FLEMING, 2003).

	O físico alemão Fritz Wolfgang London explicou, em 1930, que existe uma força geral de atração entre duas moléculas através de cálculos matemáticos. Segundo o físico, os elétrons dos átomos e moléculas se movimentam de forma constante e se repelem, provocando alterações em suas densidades eletrônicas, formando assim, dipolos momentâneos. Esses dipolos momentâneos alteram a densidade eletrônica das partículas ao redor, gerando um dipolo induzido nas mesmas. Essa interação é conhecida hoje como forças de dispersão de London ou atrações dipolo induzido-dipolo induzido (BRADY, 2012). O físico Peter Debye em seus estudos analisou-se que quando há aproximação entre moléculas polar-apolar forma dipolos, ainda justificou o acontecimento que ocorre devido a molécula polar e suas diferenças quanto a eletronegatividade, por isso, Interações dipolo permanente-dipolo induzido também são denominadas por forças de Debye (BRADY, 2012; FLEMING, 2003). Em 1932, foi proposto por Linus Pauling uma medida quantitativa de distribuição dos elétrons nas ligações e dessa maneira, o poder de atração dos elétrons exercidos por um átomo que participa de uma ligação é chamado de eletronegatividade, representada pela letra χ. Pauling baseou sua escala nas energias de dissociação, medidas em elétrons-volt. Anos mais tarde, Robert Mulliken, um químico norte-americano, abordou a eletronegatividade como sendo a média entre a energia de ionização e a afinidade eletrônica do elemento, medidas em elétron-volts (ATKINS; JONES, 2012). Em seu estudo de perfil conceitual de molécula, Pereira (2020) apresenta seis zonas do perfil conceitual de molécula e é possível observar como o conceito de interações entre as partículas podem estar presentes em algumas das zonas propostas pela autora. Principalmente na zona do substancialismo em que os alunos tem a concepção de que as moléculas apresentam as mesmas propriedades — como temperatura de ebulição, temperatura de fusão, cor etc. — do todo (substância); na zona composicionista, em que os alunos entendem a molécula como sendo constituídas por partes específicas e as propriedades são determinadas de acordo com a composição molecular, ou seja, dependem do número e do tipo de átomos que compõem; e por fim na zona interacionista, em que as moléculas apresentam características relacionadas às ligações estabelecidas entre os átomos e nesse sentido, as propriedades da substância estão associadas às interações intermoleculares ou com o meio.
Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM (mapa conceitual)	<pre> graph TD I[Interações intermoleculares] -- ocorre entre --> M[Moléculas] I -- podem ser --> ID[Íon-dipolo] I -- podem ser --> DD[Dipolo-dipolo] I -- podem ser --> FL[Forças de London] I -- podem ser --> DDI[Dipolo-dipolo induzido] I -- podem ser --> LH[Ligação de hidrogênio] ID -- ocorre entre --> M1[Uma molécula polar e um íon] DD -- ocorre entre --> MP[Moléculas polares] FL -- ocorre entre --> MA[Moléculas apolares] DDI -- ocorre entre --> M2[Uma molécula polar e uma apolar] LH -- ocorre entre --> H[Hidrogênio] LH -- ocorre entre --> FON[F, O e N] FON -- elementos com alta --> E[Eletronegatividade] I -- são responsáveis pela --> C[Capilaridade] I -- são responsáveis pela --> TS[Tensão superficial] M -- possuem --> CM[Campo magnético] CM -- que faz com que haja --> IM[Influência entre as moléculas] M -- que fazem ligação --> L[] </pre>
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	ATKINS, P. JONES, L. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2012 BRADY, J.; SENESE, F. Química: a Matéria e Suas Transformações. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2012 CANTO, E. L. Tito e Canto química na abordagem do Cotidiano: Parte A química geral e inorgânica. Editora Saraiva, São Paulo, v. único 1 ed, 2015. FLEMING, Henrique. Forças de van der waals. In: Física moderna. Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, Ensino de física online, 2003. Disponível em:

	http://efisica.if.usp.br/moderna/mq/sistemas_compostos/ . Acessado em: 25 nov. 2020. PEREIRA, R. R. Perfil conceitual de molécula: heterogeneidade de modos de pensar e falar no Ensino Superior de Química. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. ROCHA, Willian R. Interações intermoleculares. Cadernos temáticos de Química Nova na escola , n. 4, p. 31-36, 2001. Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, São Paulo: SE, 1. ed, p. 142-143, 2011.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tema	Reunião	Data	Participantes	Duração da reunião
Forças de interação intermoleculares	Planejamento - Tarefa 3	03/12/2020	Pamela, Shirley, Julie e Shulman	42 min 14 s
Objetivo	Discutir a elaboração da Tarefa 3 - Análise didático-pedagógica			

O professor formador iniciou a reunião reforçando a importância da tarefa. Em suas palavras “depois de uma discussão da parte química bem rigorosa, como fizemos, agora é fazer uma discussão da parte didático-pedagógica. Tipo, quais serão os problemas que seus alunos irão enfrentar quando eles tiverem que aprender esse conteúdo em particular. É para vocês anteciparem os problemas”. A licencianda Julie ficou responsável por apresentar essa tarefa e iniciou apresentando as concepções alternativas, estudadas a partir de um artigo científico.

A primeira concepção alternativa destacada é a de que os alunos confundem ligações químicas com as Forças de Interação Intermoleculares. A segunda concepção é que as forças intermoleculares são mais fortes que as forças intramoleculares. Outra concepção é a de que existe interação ligação de hidrogênio em qualquer molécula que tenha presente o hidrogênio. Outras concepções elencadas pelas licenciandas a partir de estudos de artigos científicos foram:

- Há quebra das ligações químicas quando um sólido funde;

- No processo de ebulição, as moléculas de água são quebradas e as bolhas observadas são efeitos dos átomos de oxigênio e hidrogênio;
- A Força Intermolecular, por exemplo, no CF_4 é maior que no OF_2 , pois há quatro ligações polares no CF_4 .

Após apresentarem essas concepções, o professor formador explicou que mais importante do que conhecer essas concepções é saber explicar o porquê de elas serem concepções equivocadas.

Em seguida, iniciou-se uma discussão com perguntas a fim de estressar o conhecimento das licenciandas sobre essas concepções. Esse momento ajuda no entendimento dessas concepções e, além disso, permite que se identifique se as licenciandas também possuem as concepções identificadas.

O professor perguntou: “Por que a frase “há quebra das ligações químicas quando um sólido funde” é uma concepção alternativa? Por exemplo, quando um sal (NaCl) se funde a aproximadamente 801°C se funde, há quebra de alguma ligação ou não?”

A licencianda Julie não conseguiu responder, já a Pamela disse que não, que o que é responsável pelo estado físico da matéria são as interações, portanto, quando se funde, o que se rompe são interações entre as moléculas para substâncias moleculares.

O professor formador estendeu a discussão para uma barra (sólido) de ferro: “Há quebra de ligações quando a barra de ferro muda o estado físico para líquido?” As licenciandas não souberam responder e, então, o professor formador inicia uma explicação visando elucidar as três primeiras concepções. Nas explicações dele temos:

“Força intermolecular só ocorre entre moléculas, ou seja, formadas a partir de uma ligação covalente. No NaCl tem-se um composto iônico formado por ligações iônicas e, quando este composto se funde, há sim o rompimento de ligações iônicas. Não todas, mas algumas são rompidas. A frase “Há quebra das ligações químicas quando um sólido funde” está equivocada. É preciso explicitar que tipo de sólido está sendo considerado. Se for um sólido iônico realmente haverá quebra de ligação, porém se for um sólido molecular não. Se for sólido metálico também haverá quebra. Estudar forças intermoleculares é fazer um recorte para o estudo de moléculas”.

O professor perguntou às licenciandas como, então, elas reescreveriam a frase equivocada. A licencianda Julie disse que escreveria dizendo que não há quebra de ligações. Nesse momento ficou possível observar que a licencianda Julie tinha mais dificuldades com o conteúdo do que as outras duas, por não ter participado da reunião de orientação da semana anterior, em que se discutiu a análise científico-epistemológica. A licencianda Shirley conseguiu identificar que o problema na frase está em não especificar o tipo de sólido. Assim ela sugeriu reescrever assim: "Há quebra das ligações químicas quando um sólido molecular se funde".

Então o professor pediu que elas dessem um exemplo de um sólido molecular. Shirley imediatamente respondeu que o gelo poderia ser um exemplo. E assim, quando se funde o gelo, estaria se rompendo a interação do tipo ligação de hidrogênio e não as ligações covalentes entre oxigênio e hidrogênio.

Continuando a discussão para entender as concepções alternativas, o professor perguntou por que a frase "No processo de ebulição, as moléculas de água são quebradas e as bolhas observadas são efeitos dos átomos de oxigênio e hidrogênio" é uma concepção alternativa". A licencianda Julie respondeu que o problema está em dizer que as moléculas de água serão quebradas, pois isso não ocorre, e as moléculas de água continuam sendo moléculas de água.

A licencianda foi, em seguida, convidada a explicar por que a frase "A Força Intermolecular, por exemplo, no CF_4 é maior que no OF_2 , pois há quatro ligações polares no CF_4 " explicita uma concepção alternativa. Em outras palavras, isso significa dizer que só porque tem maior quantidade de ligações polares, uma molécula se tornaria mais polar que outra e teria uma força intermolecular maior. Julie e Shirley não conseguiram explicar. Pamela explica que a polaridade não depende apenas das ligações serem apolares ou polares, mas também da geometria das moléculas. CF_4 é uma molécula tetraédrica e as ligações polares são anuladas, ou seja, a molécula é apolar. Já OF_2 é polar. Ou seja, OF_2 tem interação intermolecular mais forte. Porém, a licencianda Pamela também confundiu a geometria da molécula de CF_4 e disse que a molécula seria polar. O professor formador, então explicou a geometria molecular das moléculas e o que as diferenciam.

Em seguida, iniciou-se a apresentação dos obstáculos epistemológicos. As licenciandas trouxeram exemplos de obstáculos do tipo, experiência primeira, verbal, substancialista, realista e animista. Os exemplos estavam bons.

Para finalizar a reunião o professor fez um resumo dos itens importantes que as licenciandas precisam dominar:

- Reforçar a diferença ligação química covalente e força intermolecular;
- Separar o que é polaridade de ligação de polaridade da molécula;
- Diferenciar porque as forças intermoleculares têm diferentes intensidades.

O **Quadro 51** traz os detalhes da Tarefa 3 entregue na reunião de orientação.

Quadro 51. Primeira versão da Tarefa 3.

ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UDM	Miranda <i>et. al</i> (2017) reuniram em um trabalho de revisão bibliográfica as concepções alternativas mais recorrentes sobre o ensino de forças intermoleculares (FI), sendo elas: • Não há diferenças significativas entre as FI e as ligações químicas (Cooper <i>et al.</i>, 2015); • As FI são mais fortes que as ligações intramoleculares (Tarhan <i>et al.</i>, 2008); • Existe ligação de hidrogênio em todas as moléculas que possuem hidrogênio e a força dessa interação é medida pela quantidade de hidrogênios que a molécula possui, por exemplo, as interações entre as moléculas do CH₄ são mais intensas do que as do NH₃ (Galagovsky <i>et al.</i>, 2009); • Há quebra das ligações químicas quando um sólido funde (Smith e Nakhle, 2011; Sendur, 2014); • No processo de ebulição, as moléculas de água são quebradas e as bolhas observadas são efeitos dos átomos de oxigênio e hidrogênio (Schmidt <i>et al.</i>, 2009); • A FI, por exemplo, no CF₄ é maior que no OF₂, pois há quatro ligações polares no CF₄ (Wang e Barrow, 2013).
Obstáculos epistemológicos particulares relacionados aos conteúdos da UDM Obstáculo da experiência primeira Obstáculo verbal Obstáculo substancialista Obstáculo realista Obstáculo animista	• Obstáculo de experiência primeira (primeiro contato com o conteúdo): Entender as ligações de hidrogênio como se realizassem interações entre átomos iguais (Exemplo: hidrogênio com hidrogênio) (Vicentini, 2018); • Obstáculo verbal (uso da linguagem científica do mesmo modo que a linguagem comum): o termo “nuvem eletrônica” (linguagem científica) pode ser assimilado às nuvens do céu (linguagem comum) • Obstáculo substancialista (coisificar noções abstratas fazendo corresponder a toda qualidade uma substância): o aluno considera que as propriedades das substâncias são fixas e constantes e independem de fatores externos, desconsiderando que

	as propriedades físicas das substâncias são determinadas por suas forças de interação intermoleculares. • Obstáculo Realista (supervalorizar as impressões tácteis e visuais): entender as forças de interação como sendo como um “cabo de guerra”, como se as interações entre as moléculas fossem dadas por meio de um “linha” ou “corda” assim como nas ilustrações; • Obstáculo animista (conferir características animadas a objetos inertes e fenômenos): Entender a atração eletrostática das moléculas como se as moléculas sentissem vontade ou possuíssem vida.
Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM Aspectos a evitar e a reforçar	Aspectos a evitar: • O uso de termos como “ligação” para se tratar das interações eletrostáticas que ocorrem durante as FI para evitar a confusão entre ligações químicas e FI; • O uso do termo “nuvem eletrônica” substituindo por eletrosfera; • A comparação entre as atrações eletrostáticas à sentimentos humanos; Aspectos a reforçar: • As ligações químicas (intramolecular) são diferentes das forças de interação (intermolecular) • As propriedades físicas são resultados das forças intermoleculares; • Quando uma interação química (FI) entre duas espécies é rompida, provocam mudanças nas propriedades físicas das substâncias, já quando as ligações químicas são rompidas, ocorre a formação de novas substâncias; • As FI ocorrem em moléculas que fazem ligações covalentes; • Ligações de hidrogênio, por mais que tenham esse nome, não ocorrem em todas as moléculas que tenham Hidrogênio, somente naquelas em que o hidrogênio está ligado a átomos pequenos e muito eletronegativos, especificamente F, O e N; • As polaridades de ligação (ou a quantidade delas) não irão necessariamente determinar a polaridade das moléculas, o que determina é a geometria molecular, a eletronegatividade dos elementos e a força do momento de dipolo elétrico dos elementos. • As atrações eletrostáticas entre as moléculas acontecem por conta de suas cargas parciais
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	Cooper, M. M., Williams, L. C. Underwood, S. M. (2015). Student Understanding of Intermolecular Forces: A Multimodal Study. <i>Journal of Chemical Education</i>, 92(4), 1288-1298. Galagovsky, L., Bekerman, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>, 8(3), 952-975. Schmidt, H. J., Kaufmann, B., Treagust, D. F. (2009). Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. <i>Chemistry Education Research and Practice</i>, 10, 265-272. Smith, K. C., Nakhle, M. B. (2011). University students' conceptions of bonding in melting and dissolving phenomena. <i>Chemistry Education Research and Practice</i>, 12 (2), 398-408.

	Tarhan, L., Ayar-Kayali, H., Urek, R. O., Acar, B. (2008). Problem-Based Learning in 9th Grade Chemistry Class: 'Intermolecular Forces', Research in Science Education, 01-16. Wang C., Barrow, L. H. (2013). Exploring conceptual frameworks of models of atomic structures and periodic variations. Chemistry Education Research and Practice, 14, 130-146.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tema	Reunião	Data	Participantes	Duração da reunião
Forças de interação intermoleculares	Planejamento - Tarefa 4	10/12/2020	Pamela, Shirley, Julie e Shulman	32 min 56 s
Objetivo	Discutir a elaboração da Tarefa 4 - Abordagem metodológica			

Para iniciar essa reunião, o professor pediu que as licenciandas explicassem por que escolheram a abordagem metodológica **Ensino por Investigação** e, em seguida, pediu que elas trouxessem as características dessa abordagem.

A licencianda Pamela, então, explicou que a escolha pela abordagem metodológica se deu em virtude do conteúdo científico desenvolvido na UDM, que são as forças intermoleculares. Nas palavras dela, “as forças intermoleculares é um conteúdo que é mais fácil relacionar com o cotidiano dos alunos, que são os conhecimentos espontâneos, e, por conta disso, seria mais fácil trabalhar com o ensino por investigação”.

Sobre as características do ensino por investigação, as licenciandas explicaram que o objetivo dessa abordagem é criar um ambiente investigado em salas de aulas para que os alunos se apropriem da linguagem científica. Essa abordagem ainda permite que os alunos reflitam sobre os conhecimentos cotidianos, se apropriando do conhecimento científico.

Ainda, a licencianda Pamela apresentou o que se conhece por sequência de ensino investigativo (SEI), que se inicia com a apresentação de um problema experimental ou teórico, de forma que os alunos sejam introduzidos nos tópicos desejados e possam pensar e refletir sobre as variáveis relevantes dos fenômenos científicos centrais do conteúdo programático. Após a resolução deste problema levantado, é necessário que seja feita uma sistematização deste

conhecimento construído pelos alunos. Normalmente a sistematização é feita por meio de um texto em que os alunos possam refletir sobre suas respostas e comparar com a solução apresentada por esse texto. A terceira atividade proposta envolve a contextualização do conhecimento no cotidiano dos alunos, de forma que eles percebam a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social, também de forma que tenha um aprofundamento.

Com relação aos papéis do aluno e do professor, esses diferem do ensino tradicional, pois forçam o aluno a pensar para resolver o problema e o professor tem a função de guiar o aluno até o conhecimento.

Após essa apresentação, o professor formador fez uma pergunta: “Pensando com a cabeça de um professor investigativo, por que um aluno do Ensino Médio Técnico teria que aprender o conteúdo de forças intermoleculares?”

A primeira licencianda a responder foi a Pamela, que argumentou que esse é um conhecimento que foi sistematizado e, por isso, um aluno teria o direito de aprender, para que ele seja humanizado. O professor formador respondeu que esse é um argumento forte e válido, porém não muito condizente com o ensino por investigação.

Pamela então complementou que os alunos precisam aprender para explicar os fatos do cotidiano, como por exemplo, como funcionaria um adesivo. As licenciandas Shirley e Julie concordaram com ela.

O professor formador, então, retomou o objetivo do Ensino por Investigação, que foi escrito pelas licenciandas no campo da UDM: “um dos objetivos dessa metodologia é criar um ambiente investigativo de maneira que se torne possível a aprendizagem dos alunos [...]”³⁷, que poderão de forma gradual aumentar a sua cultura científica, compreendendo a linguagem científica e atingindo a alfabetização científica”.

Assim, lembrou as licenciandas que o objetivo desse ensino é que os estudantes adquiram a linguagem científica e sejam alfabetizados cientificamente. Ou seja, um professor investigativo deseja que seus alunos

³⁷ O professor formador pula um trecho do que foi escrito pelas licenciandas, para focar mais diretamente ao trecho que se discute os objetivos do Ensino por Investigação.

aprendam o conteúdo de forças de interação intermoleculares para que saiam do conhecimento espontâneo e alcancem o conhecimento científico, sendo capazes de explicar os fenômenos a partir de teorias científicas.

A segunda pergunta do professor formador é como seria possível trabalhar o ensino por investigação de forma assíncrona. A licencianda Pamela, então, disse que essa é também um ponto de dúvidas do grupo, que desde que escolheram essa abordagem estão tentando pensar em alternativas. Os caminhos pensados pelo grupo seriam: utilização de experimentos fáceis para os alunos fazerem em casa, estudos de casos e jogos.

O professor formador deu uma sugestão de as licenciadas colocarem fóruns de discussão no ambiente virtual de aprendizagem a partir de um experimento que os estudantes deveriam fazer em casa. Assim, haveria a interação, que é importante no ensino por investigação.

Por último, o professor pediu que as licenciandas conversassem com a professora do estágio para saberem melhor quais seriam as condições de intervenção da UDM, número de aulas e se aulas síncronas ou assíncronas.

O **Quadro 52** traz os detalhes da Tarefa 4 entregue na reunião de orientação.

Quadro 52. Primeira versão da Tarefa 4.

ABORDAGEM METODOLÓGICA	
Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)	TEORIA PSICOLÓGICA (como os alunos assimilam o conteúdo na cabeça deles) Nessa metodologia o erro também é valorizado, pois é partindo do que não deu certo, que os alunos criam confiança no que é o certo. Com isso, o modo de assimilação do conteúdo pelos alunos parte do docente dar condições para que os alunos levantem hipóteses sobre o problema apresentado, e a partir dessas hipóteses os alunos terão a oportunidade de construir o conhecimento. Então, em um momento posterior, vem a etapa de sistematização dos conhecimentos elaborados pelos grupos, em que os alunos vão mostrando, por meio dos relatos feitos, as hipóteses que deram certo e como foram feitas. Por último, depois de verbalizar os conhecimentos adquiridos, é o momento de sistematização individual, em que o professor deve pedir que os alunos escrevam ou desenhem sobre o que aprenderam durante a aula.
	TEORIA PEDAGÓGICA (como funciona essa metodologia, objetivo etc.) Um dos objetivos desta metodologia é a criação de um ambiente investigativo em salas de aulas de Ciências de maneira com que se torne possível a aprendizagem por parte

dos alunos em um processo simplificado do trabalho científico. Nessa perspectiva, os alunos poderão ampliar de forma gradual a sua cultura científica, adquirindo a linguagem científica e dessa maneira, atingindo a alfabetização científica.

Nesse sentido, devem ser propostas as sequências de atividades e aulas investigativas de forma planejada, do ponto de vista material e das interações didáticas, proporcionando aos alunos condições de refletir sobre seus conhecimentos prévios para iniciar; terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e professores, passando pelo conhecimento espontâneo ao científico, entendendo conceitos já estruturados por gerações anteriores.

VISÃO DE CIÊNCIA (como é a ciência nessa visão)

FUNÇÃO DO SISTEMA EDUCACIONAL (função da escola)

FORMA DE CONDUÇÃO DO ENSINO

Essa metodologia propõe que, geralmente, a sequência de ensino investigativo se inicie por um problema, que pode ser experimental ou teórico, de forma que os alunos sejam introduzidos nos tópicos desejados e possam pensar e refletir sobre as variáveis relevantes dos fenômenos científicos centrais do conteúdo programático. Após a resolução deste problema levantado, é necessário que seja feita uma sistematização deste conhecimento construído pelos alunos. Normalmente a sistematização é feita por meio de um texto em que os alunos possam refletir sobre suas respostas e comparar com a solução apresentada por esse texto. A terceira atividade proposta envolve a contextualização do conhecimento no cotidiano dos alunos, de forma que eles percebam a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social, também de forma que tenha um aprofundamento.

FUNÇÃO DO PROFESSOR

A transposição da ação manipulativa para a elaboração de uma ação intelectual através de conteúdos para com os alunos deve ser realizada por meio de perguntas direcionadas, sistematizar ideias para que eles consigam construir o conhecimento. Essa construção pode ser um pouco trabalhosa, já que o professor à primeira vista não fará uma exposição oral do conteúdo, pois o aluno por meio de seus erros nas respostas irá se conduzir a um possível acerto através das direções do professor.

FUNÇÃO DO ALUNO

Diferentemente do ensino tradicional em que o aluno apenas recebe as informações de maneira expositiva e procura entender a linha de raciocínio que está com o professor, sem ser o agente pensante, nessa metodologia o aluno adquire a tarefa de raciocinar e refletir, com a orientação e encaminhamento do professor, que não tem mais a tarefa de expor o conhecimento, e sim de guiar o aluno a construir novos conhecimentos. Por ser uma metodologia investigativa na qual, geralmente, a sequência de ensino se inicia com um problema, o papel do aluno passa a ser de pensar para tentar

	resolver esse problema dado, obtendo uma maior autonomia na busca do conhecimento.
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	Carvalho, A. m.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tema	Reunião	Data	Participantes	Duração da reunião
Forças de interação intermoleculares	Planejamento - Tarefa 5	17/12/2020	Pamela, Shirley, Julie e Shulman	42 min 07 s
Objetivo	Discutir a elaboração da Tarefa 5 - Definição dos objetivos de aprendizagem			

Esta tarefa foi apresentada pela licencianda Shirley, que iniciou a apresentação com o título da UDM: O que seus olhos não veem a Química te explica: investigando sobre as forças de interação entre as moléculas.

O professor reforçou que os objetivos oficiais devem ser encarados como inspiração, mas que o professor tem autonomia para planejar seu próprio objetivo a partir do que está previsto no currículo.

O primeiro objetivo a ser lido foi o objetivo geral da UDM: “Analisar a influência das forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos cotidianos, atribuindo a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das forças de atração que as mantém unidas”.

A UDM foi dividida em duas SD cujo títulos eram: “Semelhante dissolve semelhante: uma investigação sobre a polaridade das substâncias” e “Um molécula nunca está sozinha: investigando como elas interagem entre si”. E os dois objetivos das duas SD foram definidos:

- Entender a diferença entre polaridade de ligação e polaridade da molécula e como elas estão presentes nos fenômenos do cotidiano, explicando como determinadas substâncias se solubilizam em algumas e em outras não;
- Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nos fenômenos do cotidiano, diferenciando os tipos de interações

que podem ocorrer e atribuindo a intensidade de cada força de interação e suas determinadas propriedades.

Após essa apresentação, o professor formador elogiou os objetivos, dizendo que eles estavam coerentes com o ensino por investigação e com a taxonomia de Bloom revisada. Em seguida, começou a questionar as licenciandas de forma a tentar entender e melhorar os objetivos de aprendizagem definidos.

Do objetivo geral percebeu-se que ainda havia uma certa dificuldade em entender a relação entre Forças Intermoleculares e as propriedades das moléculas. Parece que as dificuldades de entender de forma aprofundada o conteúdo científico dificultou a definição de objetivos mais claros e concretos.

O professor formador explicou que as forças de interação intermoleculares são usadas para explicar as propriedades e, portanto, as propriedades não são propriedades das forças intermoleculares, como parece explicitar o objetivo geral proposto. A licencianda Pamela, então, explicou que o objetivo era de que os alunos conseguissem analisar as propriedades das substâncias a partir do entendimento das forças intermoleculares. Elas concordaram que o objetivo estava mal escrito.

O professor perguntou diretamente para Julie, o que ela pensa que o aluno deveria ser capaz de fazer para que ela visse se ele entendeu as forças intermoleculares. Ela, então, respondeu que pensa que os alunos deveriam ser capazes de relacionar as interações com o cotidiano. O professor pediu para ela especificar melhor o que seria esse “cotidiano”. Ela respondeu que o aluno precisaria explicar as diferentes forças de interação. A licencianda Pamela auxiliou as colegas dizendo que o importante era que os alunos conseguissem explicar a polaridade das ligações e das moléculas, a partir da geometria. Após isso os alunos precisam entender quais as diferentes Forças Intermoleculares.

O grupo então tentou reescrever o objetivo: **Analisar** as diferentes propriedades específicas (Solubilidade, Tensão Superficial e P.E) de substâncias a partir das forças intermoleculares, *atribuindo* essas diferenças aos tipos de interação que podem ocorrer entre as moléculas dependendo da geometria e polaridade que essas moléculas investigadas apresentam.

Nos demais objetivos, o professor pediu que as licenciandas especificassem melhor o que elas estavam chamando de fenômenos do

cotidiano. Isso porque ao delimitar o fenômeno, o objetivo poderia ficar mais concreto.

A licencianda Pamela perguntou se um conteúdo classificado como pré-requisito pode aparecer nos objetivos e o professor formador respondeu que sim.

Para finalizar, o professor formador explicou as relações causa-efeito entre propriedades das substâncias e as Forças Intermoleculares, porque ainda estavam faltando algumas conexões do conteúdo científico.

O **Quadro 53** traz os detalhes da Tarefa 5 entregue na reunião de orientação.

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título da UDM	Forças de Interação entre as moléculas: o que os olhos não vêem a Química te explica!		
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais	De acordo com o Currículo do Estado de São Paulo (2011), os objetivos previstos são: • Reconhecer os estados sólido, líquido e gasoso em função das interações eletrostáticas entre átomos, íons e moléculas; • Estabelecer diferenciações entre as substâncias a partir de suas propriedades; • Reconhecer ligações covalentes em sólidos e macromoléculas; • Reconhecer as forças de interação intermoleculares (forças de London e ligações de hidrogênio); • Relacionar as propriedades macroscópicas das substâncias às ligações químicas entre seus átomos, moléculas ou íons; • Fazer previsões a respeito de propriedades dos materiais a partir do entendimento das interações químicas inter e intrapartículas; Fazer previsões sobre o tipo de ligação química de uma substância a partir da análise de suas propriedades. Habilidade do Currículo Paulista (2020): Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).		
Objetivo da UDM	Analisar a influência das forças de interação intermoleculares e suas propriedades nos fenômenos cotidianos <i>atribuindo</i> a importância da polaridade de ligações e das moléculas para a formação das interações entre as moléculas		
Título das SD*	Objetivo das SD	Conteúdo Programático das SD	Tempo Aproximado (em aulas)
Por que o urso branco se dissolve na água? Por que ele é polar!	Entender o que é polaridade de ligação e das moléculas e como elas estão presentes no cotidiano <i>explicando</i> como determinadas substâncias se solubilizam em algumas e não em outras	• Polaridade de ligações (Eletronegatividade, Ligações polares e ligações apolares). • Polaridade de moléculas • Polaridade e solubilidade	3
O que é, o que é? Explica os estados físicos da matéria e mantém as moléculas unidas	Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nos fenômenos do cotidiano <i>diferenciando</i> os tipos de interações que podem	• Forças de Interação intermoleculares • Interações dipolo-dipolo • Ligação de hidrogênio	3

	ocorrer e <i>atribuindo</i> suas determinadas propriedades	• Interações dipolo-dipolo induzido • Forças de London • Propriedades das forças intermoleculares (ponto de fusão e ponto de ebulição)	

Fonte: Dados da pesquisa.

Tema	Reunião	Data	Participantes	Duração da reunião
Forças de interação intermoleculares	Planejamento - Tarefas 6 e 7	07/01/2021	Pamela, Shirley, Julie e Shulman	38 min 54 s
Objetivo	Discutir a elaboração das Tarefas 6 e 7 - Seleção das estratégias didáticas e de avaliação			

A reunião de orientação teve início com as licenciandas informando que foram disponibilizadas duas aulas de 40 minutos para a intervenção da UDM. Assim, em concordância com a professora da turma, as licenciandas decidiram aplicar a segunda SD.

Julie foi a licencianda que ficou responsável por apresentar as tarefas 6 e 7 da UDM. A primeira SD foi apresentada de forma mais rápida em virtude de ela não ser aplicada. Porém, em resumo as licenciandas planejaram um estudo dirigido a partir de um simulador sobre polaridade de ligação. Num segundo momento é apresentado aos alunos um estudo de caso sobre a adulteração da gasolina. Nesse caso são discutidas a solubilidade e polaridade das moléculas. A avaliação proposta nessa SD é a entrega do estudo de caso que poderá ser refeita, após um primeiro feedback das professoras. Percebe-se que as licenciandas propuseram uma avaliação formativa, como a que elas vivenciaram ao longo das disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Química e PEECS: Instrumentação para o Ensino de Química.

O professor formador perguntou se para a resolução do estudo de caso será oferecido aos alunos algum material de apoio. As licenciandas responderam que ainda não haviam pensado nesse detalhe. O professor formador, então, sugeriu que elas ofereçam algum material de apoio de forma que o estudo seja mais guiado. Caso elas não tenham esse material de apoio, seria interessante

oferecer um vídeo de fonte confiável ou então seja feita uma discussão anterior com os alunos sobre fontes confiáveis.

Além disso, o professor chamou atenção para o pouco tempo disponibilizado para a realização da atividade. No início, as professoras tinham sugerido que a atividade fosse realizada em 20 minutos.

Na segunda SD propôs-se a utilização da experimentação como estratégia didática. As licenciandas planejaram gravar um vídeo com o experimento e, junto com o vídeo, será encaminhado um estudo dirigido. Em uma segunda aula foi proposta uma aula expositiva dialogada para sistematização do conteúdo a partir das respostas dos alunos para o estudo dirigido. O segundo vídeo será utilizado para explicação das Forças Intermoleculares. Ao final os alunos deverão enviar um relatório sobre o experimento observado. As licenciandas propuseram ainda na UDM a realização de um mapa conceitual sobre os conceitos desenvolvidos nas aulas.

Pensando no contexto remoto e na necessidade de as aulas serem síncronas, o professor formador fez uma sugestão de as licenciandas elaborarem vídeos com perguntas interativas no meio do vídeo, de forma a conseguirem fazer o levantamento das concepções prévias dos alunos.

A professora da disciplina ainda reforçou que seria importante enviar uma atividade juntamente com as aulas assíncronas. Sobre o relatório que as licenciandas sugeriram, o professor formador sugeriu que elas pensassem em outra atividade para substituir, pois no contexto remoto os alunos teriam mais dificuldade para realização da atividade.

O **Quadro 54** traz os detalhes das Tarefas 6 e 7 entregue na reunião de orientação.

Quadro 53. Primeira versão das Tarefas 6 e 7.

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO	
Título da SD1	Semelhante dissolve semelhante: uma investigação sobre a polaridade das substâncias
Objetivo da SD	Entender quais os fatores que influenciam na miscibilidade de substâncias, <i>explicando</i> a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade das moléculas com base em suas geometrias espaciais e como as polaridades apresentadas influenciam na solubilidade de determinadas substâncias
Estratégia de Avaliação	Os alunos serão avaliados de forma continuada, ao longo das atividades realizadas, por meio da participação e da resolução do Estudo Dirigido e do Estudo de Caso, que deverão ser realizadas em grupos. A resolução do Caso poderá ser corrigida e entregue novamente após a sistematização dos conceitos em sala de aula.

Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem / Instrumento de avaliação
1 (síncrona)	TIC	Eletronegatividade ; Densidade eletrônica; Momento de dipolo elétrico; Polaridade de ligação.	A professora deverá apresentar aos alunos o simulador interativo “Polaridade da Molécula” do PhetColorado, mostrando as suas funções (3 min). Em seguida, deverá separar os alunos em grupos de 5 alunos, em salas do Google Meet, e entregará um estudo dirigido com algumas instruções de como explorar o simulador, seguido de questões sobre o que ocorre quando essas variações acontecem (ANEXO A) (20 min). Após isso, todos os alunos devem retornar para sala principal, em que a professora deve sistematizar os conteúdos de eletronegatividade e densidade eletrônica aprendidos anteriormente, dialogando com os alunos sobre esses conceitos por meio das explicações das atividades exploradas no simulador. Em seguida, utilizando esses conceitos retomados, a	Computador ou celular com internet; Simulador interativo “Polaridade da Molécula” do PhetColorado .	Estudo dirigido; Os alunos serão avaliados por meio da entrega dos estudos dirigidos realizados em grupos de 5 alunos.

			professora deve introduzir o conceito de momento de dipolo elétrico que é formado sobre as moléculas, também utilizando o mesmo simulador (17 min). Após explicar o conceito de dipolo elétrico, ela deverá iniciar o conceito de polaridade de ligação demonstrando no simulador (10 min).		
2 (Síncrona)	Estudo de caso - Parte I (Leitura e discussão)	Polaridade; Solubilidade das moléculas.	A professora deverá explicar o que é e como irá funcionar o estudo de caso e deverá ler juntamente com os alunos o caso “Adulteração da gasolina” e em seguida separar os alunos em grupos de 5 pessoas (mesmo grupo da aula anterior) em salas do google meet (5 min). Os alunos deverão discutir entre si e propor a solução para o caso (20 min). Após esse tempo os alunos deverão retornar para a sala geral e os grupos individualmente deverão apresentar as respostas e discutir as resoluções encontradas por cada grupo (25 min).	Computador ou celular com internet.	Estudo de Caso “Adulteração da Gasolina”. Os alunos serão avaliados por meio da primeira versão da resolução do Caso, realizada durante a aula em grupos.
3 (Síncrona)	Estudo de caso- Parte II	Polaridade; Solubilidade das moléculas	A professora deverá inicialmente	Computador ou celular	Estudo de Caso “Adulteração da Gasolina”.

	(fechament o do caso).		retomar o estudo de caso da aula anterior. Utilizando as resoluções apresentadas pelos grupos, a professora juntamente com os alunos deverá sistematizar e discutir o conceito de polaridade das moléculas e de solubilidade, apontando os erros e os acertos apresentados por cada grupo. Além disso, deverá explicar o porquê dos erros e dos acertos (40 min). Nos últimos 10 minutos da aula, os alunos deverão se reunir novamente em grupos para corrigirem, se necessário, a resolução final do caso, que deverá ser entregue na próxima aula.	com internet; powerpoint.	Os alunos serão avaliados por meio da primeira versão e da versão final corrigida da resolução do Estudo de Caso.
Referências (fundamentação o das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)					

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD2	Uma molécula nunca está sozinha: investigando como elas interagem entre si				
Objetivo da SD	Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (P.F, P.E. e solubilidade), <i>diferenciando</i> os tipos de interações que podem ocorrer e <i>atribuindo</i> a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas				
Estratégia de Avaliação	Os alunos serão avaliados de forma continuada durante o levantamento de hipóteses do experimento, do relatório da versão final em que deverão se embasar cientificamente, além do mapa conceitual ao final da SD, em que deverão relacionar os conteúdos aprendidos durante a UDM. As atividades poderão ser refeitas e entregues novamente após correção.				
Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação

1 (assíncrono)	Experimentação	Revisão (Polaridade) e interações intermoleculares.	Em um vídeo gravado previamente, a professora deverá retomar os conteúdos relacionados à polaridade das substâncias. Em seguida, deverá apresentar experimentos relacionados às propriedades específicas de substâncias (P.F, P.E e solubilidade) e como as forças intermoleculares atuam nesses fenômenos (20 min). A professora deverá disponibilizar juntamente com o vídeo, um estudo dirigido com questões relacionadas aos experimentos para que os alunos levantem hipóteses sobre o que eles acreditam que ocorreu e que deverá ser entregue na próxima aula.	Powerpoint; computador ou celular com internet.	Estudo dirigido; vídeo do experimento; os alunos serão avaliados pelas respostas do estudo dirigido que será aplicado individualmente.
2 (assíncrono)	Aula expositiva	Tipos de interação intermoleculares (dipolo permanente, dipolo induzido, ligação de hidrogênio e forças de London) e sua influência nas propriedades das substâncias.	Em um vídeo gravado previamente, a professora deverá fazer uma sistematização com as respostas dadas pelos alunos para os fenômenos ocorridos nos experimentos e relacionar com fenômenos que ocorrem no cotidiano, explicando o que são as forças intermoleculares	Powerpoint; computador ou celular com internet.	Vídeo explicativo das forças; os vídeos dos experimentos; os alunos serão avaliados por meio de relatórios produzidos por eles.

			e como elas explicam as propriedades específicas das substâncias, como o P.F., P.E. e solubilidade (15 min) A professora deverá em um segundo vídeo, explicar quais são os tipos de interações intermoleculares (dipolo permanente, dipolo induzido, ligação de hidrogênio e forças de london), explicando a força de cada uma dessas interações e como isso influencia nas propriedades específicas (25 min). Como tarefa para casa, os alunos deverão produzir relatórios em grupos propondo explicações para os experimentos realizados, fundamentos cientificamente com a explicação dada.		
3 (síncrona)	Mapa conceitual	Revisão de polaridade e interações intermoleculares.	No início da aula, a professora deverá retomar os conteúdos de forças de interação, sanando as possíveis dúvidas que os alunos tiverem sobre o assunto. Em seguida, a professora deverá explicar o que é um mapa conceitual para os alunos, que	Computador ou celular com internet.	Os alunos serão avaliados por meio da confecção de mapas conceituais, que serão corrigidos pela professora e os alunos terão a chance de refazer com as possíveis correções feitas pela professora.

			deverão se reunir em grupos em salas do Google Meet para produzir um mapa sobre os conteúdos aprendidos ao longo da UDM, relacionando os conteúdos de polaridade e forças intermoleculares. Os alunos deverão retornar a sala geral e cada grupo deverá apresentar o seu mapa.		
Referências (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Tema	Reunião	Data	Participantes	Duração da reunião
Forças de interação intermoleculares	Análise das atividades propostas para as aulas	14/01/2021	Pamela, Shirley, Julie e Shulman	30 min 33 s
Objetivo	Analisar as atividades propostas nas aulas			

A licencianda Pamela iniciou a apresentação das adequações e ajustes que foram feitas a partir das sugestões do professor formador na reunião de orientação da semana passada.

Em seguida, a licencianda apresentou como tinham pensado nas aulas: serão propostas duas aulas. A primeira aula iria conter vídeos de experimentos com perguntas interativas (como foi sugerido pelo professor formador na última reunião de orientação). Esse vídeo seria elaborado com a ajuda de um aplicativo chamado Vizia. As próprias licenciandas buscaram pelo aplicativo e fizeram um teste para ver como ele funcionaria. O professor formador sugeriu ainda, que as

perguntas fossem perguntas com alternativas e nessas alternativas, além da resposta correta, seria legal ter as concepções alternativas. Já no segundo vídeo, seria exibida uma aula expositiva das Forças intermoleculares. As licenciandas apresentaram o roteiro para o professor formador.

O roteiro estava adequado segundo o professor. O professor foi apenas sugerindo algumas pequenas modificações nos experimentos e/ou sequência deles. Para avaliação das aulas foi proposta uma lista de exercícios. O professor formador sugeriu que eles pensassem em exercícios contextualizados e envolvendo questões do cotidiano.

Apêndice C – Descrição das aulas gravadas

Vídeo 1 – realização dos experimentos

No primeiro vídeo (duração do vídeo é de 3 minutos e 27 segundos) enviado aos estudantes, as licenciandas se apresentam como Pamela, Shirley e Julie. Em seguida, apresentam o contexto do estágio que estão realizando no último ano do curso de licenciatura em Química.

Depois, Pamela inicia falando que no vídeo são realizados três experimentos rápidos e fáceis de fazer e que se os alunos desejarem podem fazer em casa. Pamela diz que o objetivo do vídeo é que os alunos entendam cientificamente e consigam explicar à luz das teorias científicas o que está acontecendo nos experimentos.

Shirley aparece em seguida para explicar que ao longo do vídeo aparecerão perguntinhas e que os alunos devem escolher qual a alternativa correta na opinião deles. Só assim o vídeo seguirá.

Experimento 1: em um copo acrescenta-se uma quantidade de água e, em seguida, adicionou-se álcool. Com uma colher, mostrou-se que a mistura era homogênea. Em outro copo, adicionou-se água e álcool. Com uma colher mostrou-se que a mistura permaneceu heterogênea com 2 fases.

Pergunta: Por que essas duas substâncias não se misturam?

- i) Porque a água é mais densa que o óleo;
- ii) Porque a água e óleo possuem diferentes polaridades e Forças Intermoleculares;
- iii) Porque a água possui uma massa maior do que o óleo.

Experimento 2: Em um copo com água, delicadamente, colocou-se uma agulha na superfície. O vídeo aproxima-se da superfície e destaca-se a tensão superficial da água. Ao adicionar detergente, a agulha imediatamente vai para o fundo do copo.

Pergunta: O que você acha que acontecerá quando adicionar detergente na água?

- i) A agulha vai permanecer na superfície;
- ii) A agulha vai pular do copo;
- iii) A agulha vai cair.

Experimento 3: Em um copo virado de boca para baixo, adiciona-se água no fundo. No outro adiciona-se acetona. O tempo é acelerado no vídeo e é possível observar que a acetona evapora e a água se mantém do mesmo jeito.

Pergunta: Qual substância você acredita que possua uma força de interação mais forte entre as moléculas?

- i) Água;
- ii) Acetona (removedor de esmalte);
- iii) Nenhuma das duas.

Julie aparece no vídeo e faz a seguinte pergunta: E aí, você saberia explicar cientificamente o que acontece em cada experimento? E faz um convite para que os alunos assistam ao próximo vídeo.

Vídeo 2 – Forças intermoleculares Parte 1

A aula (duração do vídeo é de 20 minutos e 38 segundos) se iniciou com a Pamela retomando os experimentos. Ela descreveu o primeiro experimento, destacando que a água e o óleo não se misturaram. Em seguida, ela foi apresentando as hipóteses levantadas nas perguntas feitas aos alunos. Para tanto, explicou o que seria densidade dos líquidos e que a densidade apenas influencia a posição da substância e não o porquê elas não se misturaram. Pamela também explicou as massas moleculares e molares do álcool, da água e do óleo.

Julie inicia sua fala no vídeo e começa explicando o que são as forças intermoleculares.

No primeiro momento já inicia a diferenciação entre intramolecular e intermolecular. Esse momento se faz importante porque os alunos tendem a confundir esses dois conceitos.

Novamente, Pamela retorna e começa a explicar os diferentes tipos de interação intermolecular: dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio, forças de London e, por último, dipolo-dipolo induzido.

Pamela destaca que as forças intermoleculares possuem diferentes intensidades, sendo a ligação de hidrogênio a mais intensa e as forças de London a menos intensa.

Shirley inicia sua fala destacando a relação entre as forças intermoleculares e a solubilidade das substâncias. Assim, ela explica que “se a força intermolecular já existente for mais intensa do que a possível nova interação, então a substância não irá se solubilizar permanecendo a interação original. Mas, se a nova interação for mais forte, irá ocorrer a solubilização rompendo as Forças Intermoleculares das substâncias”.

Ela retoma o experimento da água e óleo, destacando que no óleo ocorre forças muito fracas e na água a interação é muito forte. Por isso, não se solubilizam. Já no álcool a interação é a mesma que a existente na água, por isso, eles se solubilizam.

Vídeo 2 – Forças intermoleculares Parte 2

A aula (duração do vídeo é 12 minutos e 43 segundos) se inicia com Shirley retomando o experimento 2, do vídeo 1. O experimento destaca a tensão superficial. Assim, Shirley inicia trazendo uma explicação do conceito de tensão superficial. Mais especificamente, Shirley explica a tensão superficial da água, que é a de maior intensidade em comparação com outros líquidos, em virtude do tipo de interação entre suas moléculas.

Em seguida, se explicam porque o detergente diminui a tensão superficial da água e, como consequência, derruba a agulha no fundo do copo com água.

Julie, por fim, explica o que acontece no experimento 3. Esse experimento relaciona as Forças Intermoleculares aos pontos de ebulição de dois líquidos (a acetona e a água).

Julie explica então o que é o ponto de ebulição. Ela destaca que no processo de ebulição, as interações entre as moléculas são rompidas, de forma que o líquido vai ao estado gasoso.

Explica-se, então, que na água ocorre interação do tipo ligação de hidrogênio, já na acetona a interação é do tipo dipolo-dipolo. Por ter uma ligação de menor intensidade, comparada com a interação na água, a acetona tem menor ponto de ebulição e, portanto, vai para o estado gasoso mais rapidamente.

Em resumo, Julie esclarece que quanto mais forte for a interação intermolecular, maior será o ponto de ebulição.

Anexo A - Instrumento para planejamento didático-pedagógico de Unidade Didática Multiestratégica

INSTRUMENTO PARA PLANEJAMENTO DE UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA (UDM)

(Vrs10 - Amadeu Bego - 04.nov.2020)

IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO	
Instituição	
Curso	
Disciplina	
Professor	
Autores da UDM (ordem alfabética)	
Data e versão da UDM	

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Nome da unidade escolar	
Endereço completo	
Site e e-mail	
Caracterização da unidade escolar	
Disciplina	
Ano/turma	
Professor responsável	
Número de estudantes	
Caracterização dos estudantes	

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA	
Conteúdo programático da UDM	
Pré-requisitos para a UDM	
Orientações curriculares oficiais sobre o tema	
Conteúdos conceituais - Identificação dos fatos e/ou fenômenos de interesse (aspecto fenomenológico) - Interpretação dos fatos ou fenômenos de interesse (aspectos teórico e simbólico)	
Perfil conceitual ou desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM	
Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM (mapa conceitual)	
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	

ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UDM	
Obstáculos epistemológicos particulares relacionados aos conteúdos da UDM Obstáculo da experiência primeira Obstáculo verbal Obstáculo substancialistas Obstáculo realista Obstáculo animista	
Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM Aspectos a evitar e a reforçar	
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	

ABORDAGEM METODOLÓGICA	
Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)	
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título da UDM			
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais			
Objetivo da UDM			
Título das SD*	Objetivo das SD	Conteúdo Programático das SD	Tempo Aproximado (em aulas)
1.		•	
2.		•	
3.		•	
4.		•	
5.		•	

* Preencher apenas com o número de SD que julgar necessárias (pode deixar linhas não utilizadas em branco).

[illegible]

*Preencher apenas as aulas da SD que julgar necessárias (pode deixar linhas não utilizadas em branco).

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD2					
Objetivo da SD					
Estratégia de Avaliação					
Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
Referências (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)					

*Preencher apenas as aulas da SD que julgar necessárias (pode deixar linhas não utilizadas em branco).

Anexo B - Questionário para levantamento de informações

BLOCO 1 - CARACTERIZAÇÃO

1. Sexo:

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

2. Qual sua idade?

- ☐ Menos de 20 anos
- ☐ 20 anos
- ☐ 21 anos
- ☐ 22 anos
- ☐ 23 anos
- ☐ 24 anos
- ☐ Mais que 24 anos

3. Você se considera:

- ☐ Preto
- ☐ Branco
- ☐ Pardo ou mulato
- ☐ Amarelo (origem oriental)
- ☐ Indígena

4. Qual é seu estado civil legal?

- ☐ Solteiro
- ☐ Casado
- ☐ Viúvo
- ☐ Separado

5. Você estudou:

- ☐ Sempre em escola pública
- ☐ Sempre em escola particular
- ☐ Iniciou em escola pública e mudou para particular com bolsa de estudos
- ☐ Iniciou em escola pública e mudou para escola pública
- ☐ Iniciou em escola pública e mudou para particular sem bolsa de estudos
- ☐ Iniciou em escola particular sem bolsa de estudos e mudou para pública

6. Onde você estudou a língua inglesa?

- ☐ Nunca estudei essa língua
- ☐ Estudei apenas no curso de ensino médio ou equivalente
- ☐ Estudei no ensino médio e também em cursos de línguas particulares
- ☐ Estudei vários anos em cursos de língua e tenho proficiência na língua

7. Você frequenta ou frequentou cursinho?

- ☐ Não
- ☐ Sim, um semestre
- ☐ Sim, um ano
- ☐ Sim, mais de um ano

8. Qual o tipo de cursinho que você frequenta ou frequentou?

- ☐ Nunca frequentei cursinho
- ☐ Cursinho particular com bolsa de estudos
- ☐ Cursinho particular sem bolsa de estudos
- ☐ Cursinho comunitário apoiado pela Unesp
- ☐ Cursinho comunitário ou popular organizado por outra instituição

9. Qual o grau de escolaridade do seu pai (ou tutor legalmente constituído)?

- ☐ Ensino Fundamental incompleto
- ☐ Ensino Fundamental completo
- ☐ Ensino médio completo
- ☐ Ensino médio incompleto
- ☐ Ensino superior completo
- ☐ Ensino superior incompleto
- ☐ Não frequentou escola
- ☐ Não sei

10. Qual o grau de escolaridade de sua mãe (ou tutora legalmente constituída)?

- ☐ Ensino Fundamental incompleto
- ☐ Ensino Fundamental completo
- ☐ Ensino médio completo
- ☐ Ensino médio incompleto
- ☐ Ensino superior completo
- ☐ Ensino superior incompleto
- ☐ Não frequentou escola
- ☐ Não sei

11. Qual a profissão de seu pai ou responsável? (Se ele for falecido ou aposentado, indique aquela que exerceu na maior parte de sua vida)

- ☐ Proprietário ou administrador de grande ou média empresa
- ☐ Proprietário ou administrador de pequeno negócio
- ☐ Profissional liberal, professor ou técnico de nível superior
- ☐ Técnico de nível médio
- ☐ Operário com pouca qualificação
- ☐ Não exerce atividade remunerada

12. Qual a profissão de sua mãe ou responsável (Se ele for falecido ou aposentado, indique aquela que exerceu na maior parte de sua vida)?

- ☐ Proprietária ou administradora de grande ou média empresa
- ☐ Proprietária ou administradora de pequeno negócio
- ☐ Profissional liberal, professora ou técnica de nível superior
- ☐ Técnica de nível médio
- ☐ Operária com pouca qualificação
- ☐ Não exerce atividade remunerada

13. Onde se localiza a residência de sua família?

- ☐ Na região metropolitana de São Paulo
- ☐ No interior do estado de São Paulo
- ☐ No litoral de São Paulo
- ☐ Em Araraquara
- ☐ Na capital de outro estado
- ☐ No interior de outro estado

14. A casa em que sua família reside atualmente é?

- ☐ Própria
- ☐ Alugada
- ☐ cedida

15. Você exerce atividade remunerada?

- ☐ Não
- ☐ Bolsista em projeto de extensão na área de educação
- ☐ Bolsista de iniciação científica
- ☐ Bolsista de iniciação científica na área de educação
- ☐ Trabalho registrado 30 horas semanais ou menos
- ☐ Trabalho registrado 40 horas semanais
- ☐ Trabalho registrado 30 horas semanais ou menos na área de educação
- ☐ Trabalho registrado 40 horas semanais na área de educação
- ☐ Trabalho eventual

16. Qual é a renda familiar total mensal de sua família (Considere a soma de todos os salários dos membros de sua família. SM = Salário Mínimo Nacional)?

- ☐) Até 1,9 SM ou até R\$ 1.985,50
- ☐) De 2,0 a 4,9 SM ou de R\$ 2.090,00 a R\$ 5.120,50
- ☐) De 5,0 a 9,9 SM ou de R\$ 5.225,00 a R\$ 10.345,50
- ☐) De 10,0 a 14,9 SM ou de R\$ 10.450,00 a R\$ 15.570,50
- ☐) De 15,0 a 19,9 SM ou de R\$ 15.675,00 a R\$ 20.795,50
- ☐) 20,0 SM ou mais: R\$ 20.900,00 ou mais

17. Quantas pessoas vivem da renda familiar indicada na pergunta anterior?

- ☐) 1
- ☐) 2
- ☐) 3
- ☐) 4
- ☐) 5
- ☐) 6 ou mais

18. Qual é sua participação na vida econômica da família?

- ☐) Não trabalho e meus gastos são pagos pela família
- ☐) Trabalho ou bolsista e recebo ajuda financeira da família
- ☐) Trabalho ou bolsista e sou responsável apenas pelo meu sustento
- ☐) Trabalho ou bolsista e sou o principal responsável pelo sustento da família

19. Quais disciplinas didático-pedagógicas você já integralizou os créditos? (pode assinalar mais de uma opção).

- ☐) Psicologia da Educação
- ☐) História e Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências
- ☐) Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica
- ☐) Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química
- ☐) Didática das Ciências ou Didática Geral
- ☐) Metodologias para o Ensino de Ciências ou Metodologia e Prática de Ensino de Química
- ☐) Instrumentação para o Ensino de Química

Anexo C - Instrumento para Análise Textual da UDM

Instrumento proposto por Moralles (2021) para análise do modelo de planejamento didático-pedagógico da UDM: Identificação (ID), critérios de avaliação, descrição e adequação.

Interrelação entre os vários elementos do planejamento didático-pedagógico no modelo da UDM					
ID	CrITÉRIOS de avaliação	Descrição	Adequado		
A1)	A UDM pode ser desenvolvida no contexto real da intervenção	Adequação das atividades, estratégias didáticas, recursos didáticos e materiais de aprendizagem propostos com a infraestrutura da escola e número de alunos na turma. Essas informações estão descritas Tarefa 1.	Sim	Parcialmente	Não
A2)	Os conteúdos definidos estão articulados com as orientações curriculares oficiais?	Adequação do conteúdo com a seriação e amplitude definidas nas orientações curriculares oficiais.			
A3)	Os objetivos respeitam a estrutura da taxonomia de Bloom revisada e apresentam coerência com os conteúdos propostos?	Os objetivos devem apresentar verbos, substantivos e gerúndios. Esses devem permitir a explicitação dos conteúdos, as formas de alcançá-los e os instrumentos para avaliação. Além disso, verbo no infinitivo e no gerúndio devem estar no relacionados segundo a taxonomia de Bloom revisada. Pretende-se, também, verificar a adequação dos objetivos com os conteúdos.			
A4)	Os níveis da dimensão dos processos cognitivos e conhecimento estão adequados nos objetivos geral e específicos?	O objetivo geral deve estar em nível da dimensão processo cognitivo e conhecimento igual ou superior aos níveis dos objetivos específicos. É desejável que o nível da dimensão conhecimento tenha estrutura hierárquica.			
A5)	São propostas múltiplas estratégias didáticas?	Uma das premissas centrais da UDM. Para UDM é fundamental que o professor utilize uma pluralidade de estratégias didáticas para abranger as especificidades de cada conteúdo e a diversidade de modos de aprender dos alunos em uma sala de aula.			

A6)	As estratégias didáticas apresentam correspondências com os objetivos de aprendizagem?	As estratégias didáticas devem estar articuladas com os objetivos de ensino propostos.			
A7)	Os instrumentos/estratégia de avaliação/ materiais de aprendizagem apresentam relação com os objetivos propostos na UDM?	Os instrumentos/estratégia de avaliação/ materiais de aprendizagem devem permitir avaliar se os objetivos propostos foram atingidos.			
A8)	Os recursos didáticos e a organização da sala estão adequados para trabalhar dentro das premissas das estratégias didáticas?	Os recursos didáticos e a organização da sala devem possibilitar que se trabalhe adequadamente com as estratégias didáticas selecionadas.			
A9)	As SD preveem tempo para atividades que não estão relacionadas com o conteúdo, com o propósito de adequar tempo e conteúdo?	São exemplos dessas atividades: deslocamento dos alunos de uma sala para outra, momento da atribuição de presença, tempo gasto na montagem de experimentos, entre outros.			
Abordagem metodológica como eixo axial do planejamento didático-pedagógico no modelo da UDM					
B1)	Os conteúdos são adequados aos princípios estabelecidos pela abordagem metodológica?	Os conteúdos a serem trabalhados ao longo da UDM precisam guardar coerência com os princípios pedagógicos propostos pela abordagem metodológica escolhida.			
B2)	A abordagem metodológica permite trabalhar com algumas concepções alternativas e/ou obstáculos epistemológicos sobre a temática?	A abordagem metodológica deve ser adequada para trabalhar algumas concepções alternativas e/ou os principais obstáculos epistemológicos encontrados na literatura			
B3)	Os objetivos geral e específicos estão definidos de forma coerente com a abordagem metodológica?	Os objetivos de aprendizagem definidos na UDM devem estar alinhados aos propósitos educativos definidos na abordagem metodológica			
B4)	As atividades propostas na UDM estão articuladas com os princípios fundamentais da abordagem metodológica?	A UDM deve ter potencialidade de proporcionar a vivência das premissas da abordagem metodológica			

B5)	As estratégias didáticas propostas estão relacionadas com os princípios da abordagem metodológica?	As estratégias didáticas devem ser condizentes com as etapas/momentos fundamentais			
B6)	As estratégias/instrumentos de avaliação estão de acordo com os princípios da abordagem metodológica?	As estratégias/instrumentos de avaliação devem possibilitar o acompanhamento das atividades desenvolvidas pelos alunos na perspectiva da abordagem metodológica			

Anexo D - Versão da intervenção da udm

INSTRUMENTO PARA PLANEJAMENTO DE UNIDADE DIDÁTICA MULTISTRATÉGICA (UDM)

(Vrs10 - Amadeu Bego - 04.nov.2020)

IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO	
Instituição	
Curso	Licenciatura em Química
Disciplina	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Instrumentação para o Ensino de Química
Professor	
Autores da UDM (ordem alfabética)	
Data e versão da UDM	13 de novembro de 2020- versão 1

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Nome da unidade escolar	
Endereço completo	
Site e e-mail	
Caracterização da unidade escolar	O campus () iniciou suas atividades em 16 de agosto de 2010, fica localizado no bairro Jardim dos Manacás, está próximo de bairros residenciais, inclusive do condomínio Parque Arpoador, do Shopping Jaraguá, uma região de classe média da cidade. No início da inauguração foi aberto para as turmas para os cursos técnicos de informática e mecânica e, em seguida, para o curso superior de Licenciatura em Matemática e

	as turmas do Ensino Médio. Em sua estrutura, o Instituto Federal possui laboratórios de informática, laboratórios da área da indústria e a oficina mecânica situados nos blocos J e I, também comporta biblioteca para todos os alunos dos cursos com livros variados, além da cantina e uma quadra de esportes. Oferece aulas nos três períodos, sendo que no período matutino ocorrem as aulas do Ensino Médio, e o período noturno é destinado ao curso superior. Nos períodos da manhã e tarde realizam-se os cursos técnicos. Mediante o cenário de pandemia a secretaria e coordenação não estão funcionando fisicamente, mas estão atendendo via <i>e-mail</i> . Para a elaboração de algumas aulas professores de disciplinas que necessitam do apoio das salas ou laboratórios gravam as aulas no próprio Instituto, seguindo os protocolos estabelecidos para contenção do vírus durante a pandemia.
Disciplina	Química
Ano/turma	2º INFO B
Professor responsável	
Número de estudantes	20 alunos
Caracterização dos estudantes	Os alunos da turma possuem uma faixa etária entre 15 a 17 anos. A maioria dos estudantes reside em Araraquara, mas existe uma boa parte da turma que mora em cidades vizinhas (Dourados, Américo Brasiliense e Boa Esperança do Sul). Todos os alunos cursaram o 1º ano no próprio IF, ou seja, é uma turma que já se conhece e já possui um convívio juntos, facilitando a criação de grupos para atividades. Os alunos cursam em um outro período o curso técnico de informática na escola e, segundo a professora, se trata de uma turma em geral muito boa e engajada nos estudos. Quanto às especificidades do regime remoto, todos os alunos possuem aparelhos tecnológicos para a realização das atividades escolares, sendo eles em sua grande maioria notebook e também celulares ou tablets. Quanto ao ambiente adequado em casa, apenas metade dos alunos possuem boas condições para acompanhar as aulas (boa conexão de internet, ambiente silencioso e livros para estudo). Além disso, apenas 3 alunos possuem um trabalho em outro período.

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA

Conteúdo programático da UDM	• Polaridade de ligações (Eletronegatividade, Ligações polares e ligações apolares). • Polaridade de moléculas • Polaridade e solubilidade • Forças de Interação intermoleculares (Interações dipolo-dipolo, Ligação de hidrogênio, Interações dipolo-dipolo induzido). • Forças intermoleculares e ponto de ebulição
Pré-requisitos para a UDM	• Eletronegatividade (carga, forças eletrostáticas) • Geometria espacial molecular • Ligação Covalente
Orientações curriculares oficiais sobre o tema	De acordo com o Currículo do Estado de São Paulo (2011), o tema “materiais e suas propriedades” está previsto para o 3º bimestre do 2º ano e relacionam o comportamento dos materiais, as relações entre propriedades das substâncias e suas estruturas Interações interpartículas e intrapartículas e algumas propriedades dos materiais. Os conteúdos previsto segundo Currículo do estado de São Paulo (2011) são: • Polaridade das ligações covalentes e das moléculas; • Forças de interação entre as partículas – átomos, íons e moléculas – nos estados sólido, líquido e gasoso; • Interações inter e intrapartículas para explicar as propriedades das substâncias, como temperatura de fusão e de ebulição, solubilidade e condutibilidade elétrica; Segundo o Currículo do Estado de São Paulo (2011), as habilidades prevista para os alunos são: • Reconhecer os estados sólido, líquido e gasoso em função das interações eletrostáticas entre átomos, íons e moléculas; • Estabelecer diferenciações entre as substâncias a partir de suas propriedades; • Reconhecer ligações covalentes em sólidos e macromoléculas; • Reconhecer as forças de interação intermoleculares (forças de London e ligações de hidrogênio); • Relacionar as propriedades macroscópicas das substâncias às ligações químicas entre seus átomos, moléculas ou íons; • Fazer previsões a respeito de propriedades dos materiais a partir do entendimento das interações químicas inter e intrapartículas;
Conteúdos conceituais - Identificação dos fatos e/ou	• Aspecto fenomenológico

fenômenos de interesse (aspecto fenomenológico) - Interpretação dos fatos ou fenômenos de interesse (aspectos teórico e simbólico)	As polaridades das moléculas podem ser observadas por meio da solubilidade das substâncias. Isso se dá pelo fato de que substâncias polares se dissolvem somente em substâncias polares e compostos apolares somente se dissolvem com compostos apolares e isso pode ser observado, por exemplo, na água (polar) e óleo (apolar) que não se misturam. Além disso, outro fator que explica substâncias como água e óleo não se misturarem (imiscibilidade) são as forças de interações intermoleculares que as moléculas em questão possuem. As forças de interação entre as moléculas são responsáveis por muitos fenômenos que podem ser observados, como por exemplo, na atuação de colas e adesivos; na viscosidade de líquidos presentes no cotidiano; na tensão superficial observada nos líquidos quando por exemplo enchemos um copo com água até sua superfície e percebe-se uma espécie de “membrana” e é possível observar uma espécie de membrana delineando a superfície do copo, que é explicado pelo mesmo princípio do formato das gotas de água, por exemplo. Alguns animais também se utilizam das forças intermoleculares para sobreviverem, por exemplo, as lagartixas são exemplos de como as forças intermoleculares estão presentes no cotidiano, pois possuem em suas patas o poder aderente e antiaderente devido a enorme quantidade de fios pequenos, compostos por substâncias apolares, propiciando interação em superfícies lisas e rugosas que sustentam todo o seu corpo. As fases da matéria também são resultados das forças intermoleculares, podendo ser líquida, sólida ou gasosa. A maneira como as moléculas estão interagindo entre si irão determinar o estado físico, por exemplo, quando se compara duas substâncias na fase líquida como água e éter, é possível verificar que o segundo irá evaporar muito mais rápido do que a água, isso mostra que as interações intermoleculares que ocorrem nessas moléculas são mais fracas, portanto, mais fáceis de serem separadas umas das outras, dispersando-as entre si e dessa forma, se transformando na fase gasosa. As propriedades físicas decorrentes das forças de interação entre as moléculas também podem ser observadas por meio do ponto de ebulição de algumas substâncias, por exemplo, a água (H_2O) que possui um alto P.E. devido a sua forte interação formada por ligações de hidrogênio. Também é importante ressaltar que não são todas as moléculas que possuem hidrogênio que possuirão as ligações de hidrogênio, por exemplo, CH_4 que possui um ponto de ebulição muito mais baixo, pois sua interação é a dipolo-dipolo induzido, sendo muito mais fraca e portanto, necessita de uma energia muito menor para serem separadas. • Aspecto Teórico <i>Polaridade das ligações</i>

Durante uma ligação, os átomos envolvidos passam a obter uma carga parcial. Quando há uma ligação com contribuição iônica para a ressonância que resulta em cargas parciais ela é chamada de ligação covalente polar. Todas as ligações entre átomos de elementos diferentes são, até certo ponto, polares. Quando há uma ligação de moléculas diatômicas homonucleares (do mesmo elemento) são apolares ou não polares (ATKINS; JONES, 2012).

Em ligações covalentes polares, os dois átomos formam um dipolo elétrico, ou seja, uma carga parcial positiva próxima a uma carga parcial negativa. O tamanho de um dipolo elétrico (medida da magnitude das cargas parciais) é chamado de momento de dipolo elétrico (letra grega μ) em unidades de Debye (D) (ATKINS; JONES, 2012).

Dessa maneira, a ligação será polar quando um átomo tem um poder de atração do elétron maior do que o outro átomo que está ligado e então, o par de elétrons terá uma probabilidade maior de ser encontrado ao primeiro, que possui o maior poder de atração, também chamado de eletronegatividade, representadas pela letra grega χ . Os átomos que possuírem maior eletronegatividade tem um maior poder de atrair os elétrons e dessa maneira afastá-los do átomo que tem a menor eletronegatividade (ATKINS; JONES, 2012).

O químico norte-americano Robert Mulliken desenvolveu uma maneira de medir a eletronegatividade dos átomos como sendo a média entre a energia de ionização e a afinidade eletrônica do elemento (expressas em elétron-volts). Caso a energia de ionização do átomo for alta, ele irá doar um elétron com dificuldade. Se a afinidade eletrônica do elemento for alta, ligar um elétron a um átomo será energeticamente favorável, portanto, os elementos que tiverem essas duas características irão perder os elétrons com dificuldade e tendem a ganhá-los, o contrário também é verdadeiro, se um átomo possuir uma baixa energia de ionização e uma baixa afinidade eletrônica, será necessário pouca energia para que o elemento doa os elétrons, portanto possui uma baixa eletronegatividade (ATKINS; JONES, 2012).

Polaridade das moléculas

Uma molécula será polar quando possui um momento de dipolo diferente de zero. Nesse caso, uma molécula diatômica será polar se sua ligação for polar (exemplo: H-Cl que possui momento de dipolo: 1,1D) e todas as moléculas diatômicas formadas por átomos de elementos diferentes terão polaridade (ATKINS; JONES, 2012).

Por outro lado, uma molécula será apolar se o momento de dipolo elétrico é igual a zero, ou pode-se afirmar que todas as moléculas diatômicas homonucleares (formadas pelo mesmo elemento) são apolares devido a suas ligações apolares (exemplo: O₂, N₂ ou Cl₂) (ATKINS; JONES, 2012).

É diferente para moléculas poliatômicas, que podem ser apolares mesmo se suas ligações forem polares, como exemplo os momentos de dipolo C-O do dióxido de carbono apontam para direções opostas e portanto se cancelam, logo CO₂ é uma molécula apolar. No caso da água, os momentos de dipolo formam um ângulo de 104,5° entre si e não se cancelam, portanto será polar. O mesmo ocorre para moléculas mais complexas como dicloro eteno (C₂H₂Cl₂)

que possuem sua forma cis sendo polar e trans sendo apolar, devido aos momentos de dipolo se cancelarem ou não (ATKINS; JONES, 2012).

Forças Intermoleculares

As forças entre as moléculas fundamentam as propriedades físicas da matéria e ajudam a explicar as diferenças entre as substâncias. Quando se trata dos gases, as forças intermoleculares possuem uma menor importância, pois as moléculas estão muito afastadas entre si e portanto não há tanta interação, exceto durante colisões. Entretanto, é muito importante em líquidos e sólidos para determinar suas propriedades físicas (ATKINS; JONES, 2012).

As forças intermoleculares são as responsáveis pelos estados físicos das substâncias (sólido, líquido e gás ou vapor), podendo uma substância sólida apresentar mais de uma fase sólida, como é o caso do carbono (diamante e grafite) com arranjos diferentes dos átomos. A fase condensada representa uma fase sólida ou líquida e a temperatura a qual um gás se condensa para formar um líquido ou um sólido irá depender da intensidade das forças atrativas entre as moléculas (ATKINS; JONES, 2012):

- Forças íon-dipolo se referem às interações entre um íon e as cargas parciais de uma molécula polar, podendo ser a água, como é o caso da hidratação. Nesse sentido, os sólidos iônicos dissolvem-se em água, pois a carga parcial do átomo de O é atraída pelo cátion e as cargas parciais positivas dos átomos de H são repelidas. Nesse sentido, as moléculas de água se aglomeram ao redor do cátion, com os átomos de oxigênio apontando para o interior e os de hidrogênio para o exterior. São interações de curta distância, portanto, as moléculas polares devem estar muito próximas de um íon para ocorrer essa interação que é considerada fraca, devido as cargas serem apenas parciais das moléculas polares.
- Forças dipolo-dipolo ocorrem entre moléculas POLARES e acontecem por meio da atração entre as cargas parciais de suas moléculas. Essas interações são mais fracas do que as interações entre íons e diminuem rapidamente com a distância, principalmente em fases líquidas e gasosas, em que as moléculas se encontram em rotação, mas ainda assim serão muito mais fortes na fase líquida, pois as moléculas estão muito mais próximas do que na fase gasosa. Além disso, quanto mais polares as moléculas forem, mais forte será essa interação.
- Forças de London resultam da atração entre os dipolos elétricos instantâneos de moléculas vizinhas e podem ocorrer em todos os tipos de moléculas, incluindo as apolares. Sua energia aumenta com o número de elétrons da molécula, que estão em movimento e podem deixar o núcleo exposto em algum momento, portanto, esse tipo de interação depende da polarizabilidade das moléculas, ou seja, a facilidade de deformação das nuvens de elétrons.

- Forças dipolo-dipolo induzido Quando uma molécula polar interage com uma molécula apolar, ou seja, ocorrem devido a capacidade que uma molécula tem de induzir um momento de dipolo em outra molécula. Nesse caso, a molécula que irá induzir o momento de dipolo tem um momento de dipolo permanente.
- Ligação de hidrogênio é uma interação intermolecular muito específica, pois ocorre quando um átomo de hidrogênio está ligado a um átomo pequeno e fortemente eletronegativo (especificamente N, O ou F), sendo atraído pelo par isolado de elétrons de outro átomo de N, O ou F. Esse tipo de interação é a mais forte de todas e é responsável pela manutenção da forma das moléculas biológicas, possuindo um papel vital em suas funções biológicas.

Forças Intermoleculares e as propriedades físicas das substâncias moleculares

Quando a atração entre as moléculas é muito forte, se faz necessário uma energia muito elevada para quebrar as ligações e separar essas moléculas. Nesse sentido, as substâncias que possuem uma maior força intermolecular entraram em ebulição em temperaturas mais elevadas, isto é, possuem maior ponto de ebulição (ATKINS; JONES, 2012)..

As ligações de hidrogênio são extremamente fortes devido à atração do átomo de H por um par de elétrons de átomos de N, O e F e por isso apresentam em geral altos pontos de ebulição.

- Líquidos: as moléculas são mantidas por forças intermoleculares, porém têm energia suficiente para se movimentarem, eventualmente colidindo umas com as outras. Durante a fusão de sólidos cristalinos, a ordem de longo alcance se perde, pois no líquido, a energia cinética das moléculas supera eventualmente as forças intermoleculares. As forças de interação são responsáveis pela capilaridade e pela tensão superficial dos líquidos.
- Nos sólidos: as moléculas ficam presas por forças intermoleculares e não podem se mover livremente, somente podem oscilar em torno de uma posição média.
- Nos gases, as moléculas podem se movimentar com muita liberdade e portanto, a ação das forças intermoleculares é muito pequena e o movimento é altamente desordenado.

- **ASPECTO SIMBÓLICO/ REPRESENTACIONAL**

- *Polaridade das ligações:*

Na convenção original (mais antiga), um dipolo é representado por uma seta que aponta para a carga parcial negativa (Figura 1a), já na convenção moderna, a seta do dipolo aponta para a carga parcial positiva (Figura 1b)

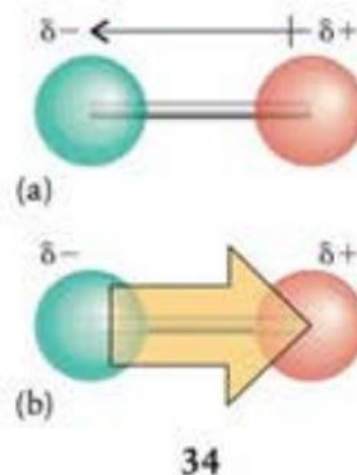


Figura 1. Representação do momento de dipolo elétrico entre duas moléculas com cargas parciais diferentes
A representação da eletronegatividade dos átomos e seu poder de atrair elétrons quando é parte de um composto pode ser representada na Figura 2, que apresenta um átomo com alta eletronegatividade representado pela maior seta.

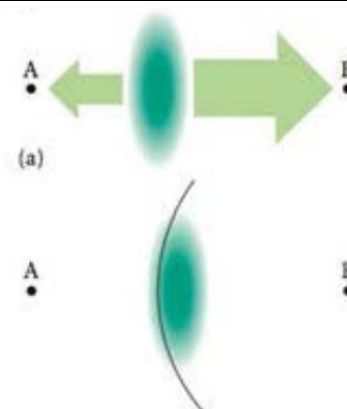


Figura 2. Atração dos elétrons em átomos mais eletronegativos

A eletronegatividade dos elementos podem ser encontrados por meio da Tabela Periódica, que está representada na Figura 3.

				H 2,2				18/VIII He
	1	2	13/III	14/IV	15/V	16/VI	17/VII	
2	Li 1,0	Be 1,6	B 2,0	C 2,6	N 3,0	O 3,4	F 4,0	Ne
3	Na 0,93	Mg 1,3	Al 1,6	Si 1,9	P 2,2	S 2,6	Cl 3,2	Ar
4	K 0,82	Ca 1,3	Ga 1,6	Ge 2,0	As 2,2	Se 2,6	Br 3,0	Kr
5	Rb 0,82	Sr 0,95	In 1,8	Sn 2,0	Sb 2,1	Te 2,1	I 2,7	Xe
6	Cs 0,79	Ba 0,89	Tl 2,0	Pb 2,3	Bi 2,0	Po 2,0	At	Rn

Figura 3. Eletronegatividade dos elementos distribuídos na Tabela Periódica

- *Polaridade das Moléculas:*

As cores representam como a densidade eletrônica está distribuída na molécula, sendo as regiões parcialmente positivas em azul e parcialmente negativas em vermelho.



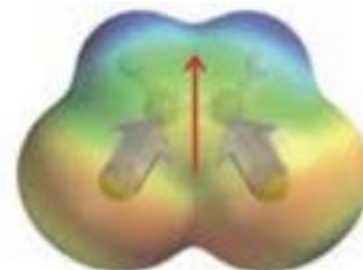
26 Dióxido de carbono, CO₂



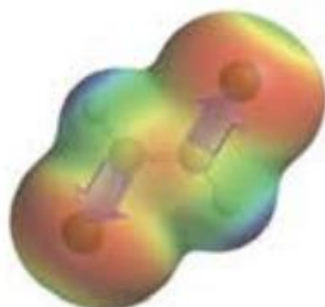
27 Dióxido de carbono, CO₂



28 Água, H₂O



29 *cis*-Dicloro-eteno, C₂H₂Cl₂



30 *trans*-Dicloro-eteno C₂H₂Cl₂

Figura 4. Representação do mapa de densidade eletrônica de algumas moléculas.

- *Forças intermoleculares*

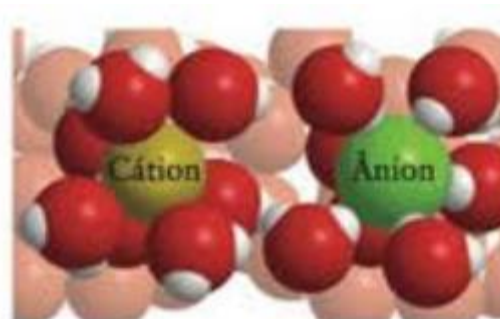


Figura 5. Representação da força de interação íon-dipolo quando ocorre uma hidratação, ou seja, os íons interagindo com a molécula de água.

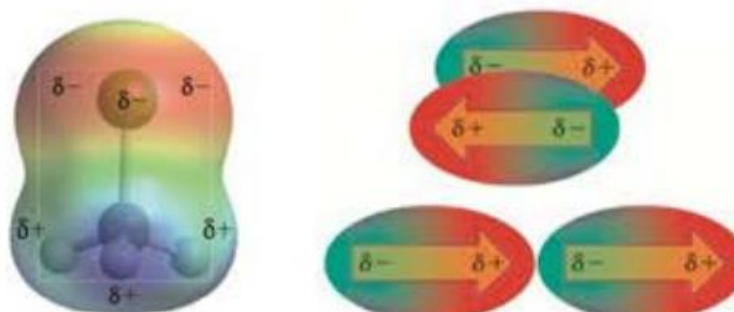


Figura 6. Representação de forças de interação dipolo-dipolo em que as moléculas polares atraem umas às outras por interação entre as cargas parciais de seus dipolos elétricos (representado pela seta)

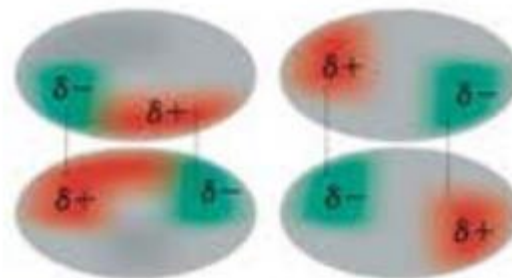
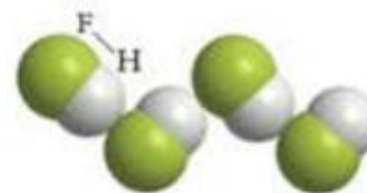
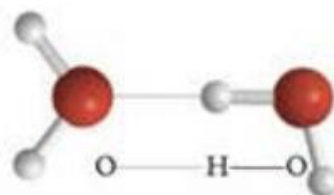


Figura 7. Representação da flutuação rápida da distribuição eletrônica em duas moléculas vizinhas resulta em dois momentos de dipolos elétrico instantâneos que se atraem (Forças de London e dipolo-dipolo induzido)



11 Fluoreto de hidrogênio, $(\text{HF})_n$



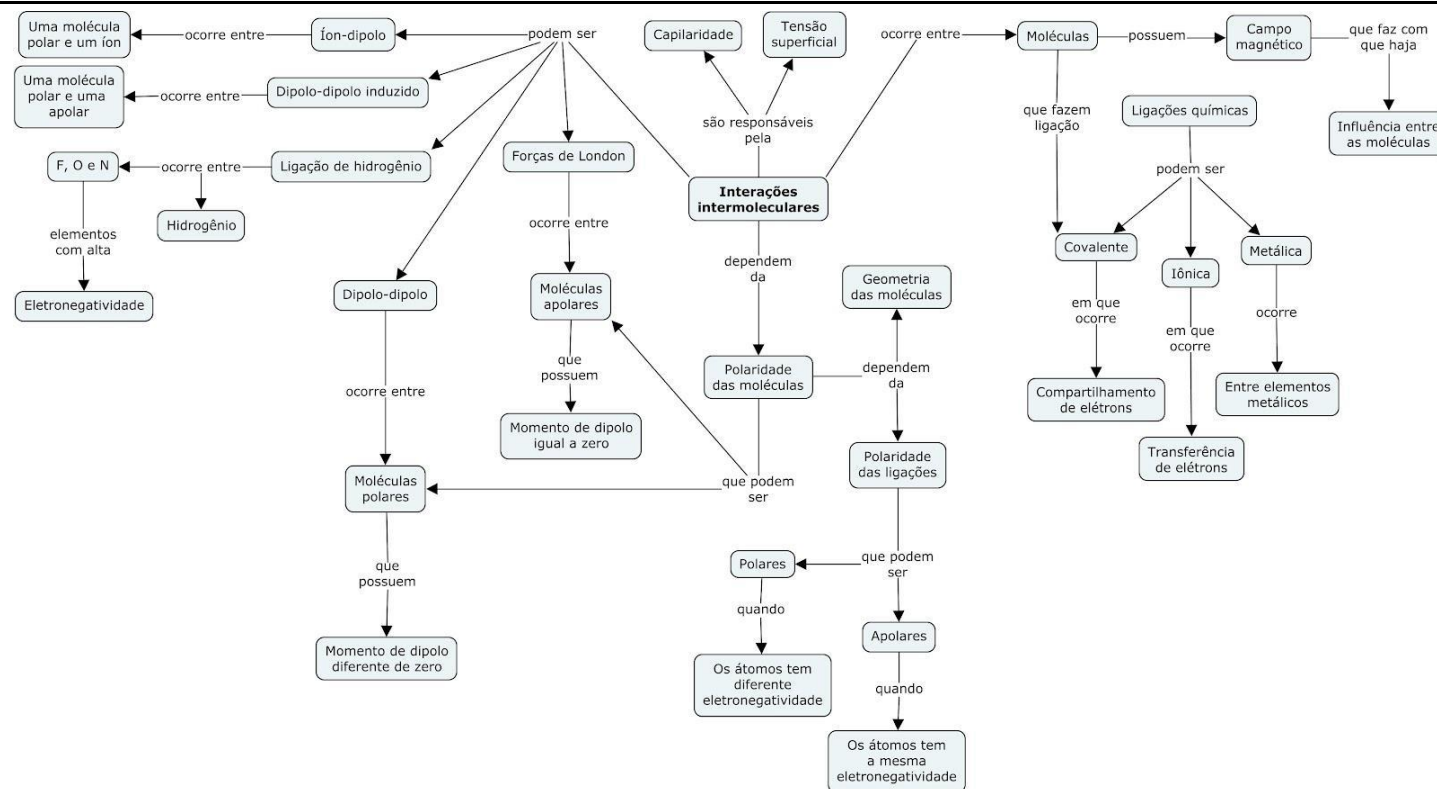
12 Dímero do ácido acético

Figura 8. Representação da Ligação de Hidrogênio em água; fluoreto de hidrogênio e dímero do ácido acético

Perfil conceitual ou desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM	Os estudos das interações intermoleculares e sua manifestação sobre o comportamento de sistemas químicos se iniciaram a mais de dois séculos atrás com estudos e experimentos pioneiros em sistemas gasosos realizados por cientistas como Robert Boyle, Jacques Charles, Joseph-Louis Gay-Lussac e Johannes van der Waals (ROCHA, 2001). A teoria sobre as forças intermoleculares foi proposta pelo físico Johannes Diderik van der Waals, que ganhou o prêmio Nobel em 1910, inclusive as forças são chamadas de van der Waals, com exceção das forças de íons. Foi em 1921, utilizando cálculos matemáticos, que o físico holandês Willem Keesom, concluiu que as interações entre as moléculas polares ocorrem por meio da atração eletrostática entre as cargas parciais devido à diferença de eletronegatividade, produzindo dipolos permanentes, e por isso é a mais forte das forças de van der Waals (FLEMING, 2003). O físico alemão Fritz Wolfgang London explicou, em 1930, que existe uma força geral de atração entre duas moléculas através de cálculos matemáticos. Segundo o físico, os elétrons dos átomos e moléculas se movimentam de forma constante e se repelem, provocando alterações em suas densidades eletrônicas, formando assim, dipolos momentâneos. Esses dipolos momentâneos alteram a densidade eletrônica das partículas ao redor, gerando um dipolo induzido nas mesmas. Essa interação é conhecida hoje como forças de dispersão de London ou atrações dipolo induzido-dipolo induzido (BRADY, 2012). O físico Peter Debye em seus estudos analisou-se que quando há aproximação entre moléculas polar-apolar forma dipolos, ainda justificou o acontecimento que ocorre devido a molécula polar e suas diferenças quanto a eletronegatividade, por isso, Interações dipolo permanente-dipolo induzido também são denominadas por forças de Debye (BRADY, 2012; FLEMING, 2003). Em 1932, foi proposto por Linus Pauling uma medida quantitativa de distribuição dos elétrons nas ligações e dessa maneira, o poder de atração dos elétrons exercidos por um átomo que participa de uma ligação é chamado de eletronegatividade, representada pela letra χ. Pauling baseou sua escala nas energias de dissociação, medidas em elétrons-volt. Anos mais tarde, Robert Mulliken, um químico norte-americano, abordou a eletronegatividade como sendo a média entre a energia de ionização e a afinidade eletrônica do elemento, medidas em elétron-volts (ATKINS; JONES, 2012). Em seu estudo de perfil conceitual de molécula, Pereira (2020) apresenta seis zonas do perfil conceitual de molécula e é possível observar como o conceito de interações entre as partículas podem estar presentes em algumas das zonas propostas pela autora. Principalmente na zona do substancialismo em que os alunos têm a concepção de que as moléculas apresentam as mesmas propriedades — como temperatura de ebulição, temperatura de fusão, cor etc. — do todo (substância); na zona composicionista, em que os alunos entendem a molécula como sendo constituídas por partes específicas e as propriedades são determinadas de acordo com a composição molecular, ou seja, dependem do número e do tipo de átomos que compõem; e, por fim, na zona interacionista, em que as moléculas apresentam

características relacionadas às ligações estabelecidas entre os átomos e nesse sentido, as propriedades da substância estão associadas às interações intermoleculares ou com o meio.

Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM (mapa conceitual)



Referências
(de acordo com
ABNT NBR 6023)

ATKINS, P. JONES, L. **Princípios de química:** questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2012
BRADY, J.; SENESE, F. **Química:** a Matéria e Suas Transformações. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2012

	CANTO, E. L., PERUZZO, T. M. Química na abordagem do Cotidiano. São Paulo: Editora Saraiva, v. único, 1 ed 2015. FLEMING, Henrique. Forças de van der waals. In: Física moderna. Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, Ensino de física online, 2003. Disponível em: http://efisica.if.usp.br/moderna/mq/sistemas_compostos/ . Acesso em: 25 nov. 2020. PEREIRA, R. R. Perfil conceitual de molécula: heterogeneidade de modos de pensar e falar no Ensino Superior de Química. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. ROCHA, Willian R. Interações intermoleculares. Cadernos temáticos de Química Nova na escola, n. 4, p. 31-36, 2001. SÃO PAULO. Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. São Paulo: Secretaria da Educação, 2011.

ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UDM	Miranda <i>et. al</i> (2017) reuniram em seu trabalho as concepções alternativas mais recorrentes sobre o ensino de forças intermoleculares (FI), sendo elas: • Não há diferenças significativas entre as FI e as ligações químicas (Cooper <i>et al.</i>, 2015); • As FI são mais fortes que as ligações intramoleculares (Tarhan <i>et al.</i>, 2008); • Existe ligação de hidrogênio em todas as moléculas que possuem hidrogênio e a força dessa interação é medida pela quantidade de hidrogênios que a molécula possui, por exemplo, as interações entre as moléculas do CH₄ são mais intensas do que as do NH₃ (Galagovsky <i>et al.</i>, 2009); • Há quebra das ligações químicas quando um sólido molecular funde (Smith e Nakhle, 2011; Sendur, 2014); • No processo de ebulição, as moléculas de água são quebradas e as bolhas observadas são efeitos dos átomos de oxigênio e hidrogênio (Schmidt <i>et al.</i>, 2009); • A FI, por exemplo, no CF₄ é maior que no OF₂, pois há quatro ligações polares no CF₄ (Wang e Barrow, 2013).

Obstáculos epistemológicos particulares relacionados aos conteúdos da UDM Obstáculo da experiência primeira Obstáculo verbal Obstáculo substancialistas Obstáculo realista Obstáculo animista	• Obstáculo de experiência primeira (primeiro contato com o conteúdo): Entender as ligações de hidrogênio como se realizassem interações entre átomos iguais (Exemplo: hidrogênio com hidrogênio) (Vicentini, 2018); • Obstáculo verbal (uso da linguagem científica do mesmo modo que a linguagem comum): o termo “nuvem eletrônica” (linguagem científica) pode ser assimilado às nuvens do céu (linguagem comum) • Obstáculo substancialista (coisificar noções abstratas fazendo corresponder a toda qualidade uma substância): entender que a ligação química é igual as FI ou que as propriedades físicas das substâncias estão relacionadas ao sistema como um todo e não estão relacionadas as forças entre duas moléculas, por exemplo moléculas de água: o seu ponto de ebulição irá corresponder a energia para romper as interação de todas as moléculas do sistema, não apenas de duas moléculas isoladas de H₂O • Obstáculo Realista (supervalorizar as impressões tácteis e visuais): entender as forças de interação como sendo como um “cabo de guerra”, como se as interações entre as moléculas fossem dadas por meio de um “linha” ou “corda” assim como nas ilustrações; • Obstáculo animista (conferir características animadas a objetos inertes e fenômenos): Entender a atração eletrostática das moléculas como se as moléculas sentissem vontade ou possuíssem vida.
Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM Aspectos a evitar e a reforçar	Aspectos a evitar: • O uso de termos como “ligação” para se tratar das interações eletrostáticas que ocorrem durante as FI para evitar a confusão entre ligações químicas e FI; • O uso do termo “nuvem eletrônica” substituindo por eletrosfera; • A comparação entre as atrações eletrostáticas a sentimentos humanos; Aspectos a reforçar: • As ligações químicas (intramolecular) são diferentes das forças de interação (intermolecular) • As propriedades físicas podem ser explicadas, dentre outros fatores, pelas Forças Intermoleculares; • Quando uma interação química (FI) entre duas espécies é rompida, provocam mudanças nas propriedades físicas das substâncias, já quando as ligações químicas são rompidas, ocorre a formação de novas substâncias; • As FI ocorrem em moléculas que fazem ligações covalentes;

	• Ligações de hidrogênio, por mais que tenham esse nome, não ocorrem em todas as moléculas que tenham Hidrogênio, somente naquelas em que o hidrogênio está ligado a átomos pequenos e muito eletronegativos, especificamente F, O e N; • As polaridades de ligação (ou a quantidade delas) não irão necessariamente determinar a polaridade das moléculas, o que determina é a geometria molecular, a eletronegatividade dos elementos e o momento de dipolo elétrico resultante dos elementos, que pode ser nula ou não. • As atrações eletrostáticas entre as moléculas acontecem por conta de suas cargas parciais
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	COOPER, M. M., WILLIAMS, L. C. UNDERWOOD, S. M. Student Understanding of Intermolecular Forces: A Multimodal Study. Journal of Chemical Education , v. 92, n. 4, p. 1288-1298, 2015. GALAGOVSKY, L., BEKERMAN, D.. La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 8, n. 3, 952-975, 2009. SCHMIDT, H. J., KAUFMANN, B., TREAGUST, D. F. Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. Chemistry Education Research and Practice , v. 10, p. 265-272, 2009. SMITH, K. C., NAKHLE, M. B. University students' conceptions of bonding in melting and dissolving phenomena. Chemistry Education Research and Practice , v. 12, n. 2, p. 398-408, 2011. TARHAN, L., AYAR-KAYALI, H., UREK, R. O., ACAR, B. Problem-Based Learning in 9th Grade Chemistry Class: 'Intermolecular Forces', Research in Science Education , p. 01-16, 2008. WANG C., BARROW, L. H. Exploring conceptual frameworks of models of atomic structures and periodic variations. Chemistry Education Research and Practice , 14, p. 130-146, 2013.

ABORDAGEM METODOLÓGICA	
Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)	A metodologia escolhida foi a de Ensino por Investigação. Um dos objetivos desta metodologia, segundo Carvalho (2013), é a criação de um ambiente investigativo em salas de aulas de Ciências de maneira com que se torne possível a aprendizagem por parte dos alunos por meio da condução ou mediação em um processo simplificado do trabalho científico. Nessa perspectiva, os alunos poderão

ampliar de forma gradual a sua cultura científica, compreendendo a linguagem científica e dessa maneira, atingindo a alfabetização científica.

Nesse sentido, a autora defende que devem ser propostas as sequências de atividades e aulas investigativas de forma planejada, do ponto de vista material e das interações didáticas, **proporcionando aos alunos condições de refletir sobre seus conhecimentos prévios; terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e professores, passando pelo conhecimento espontâneo ao científico**, entendendo conceitos já estruturados por gerações anteriores. Dentro desta perspectiva investigativa, **o erro também é valorizado**, pois é partindo do que não deu certo, que os alunos criam confiança no que é o certo. Com isso, o modo de assimilação do conteúdo pelos alunos parte do docente dará condições para que os alunos levantem hipóteses sobre um problema apresentado, e a partir dessas hipóteses os alunos terão a oportunidade de construir o conhecimento.

Diante disso, com o objetivo de promoção da aprendizagem, **é fundamental a definição de um problema**, ou uma situação-problema (CLEMENT, *et. al.*, 2015). Segundo Azevedo (2009), é necessário realizar uma distinção entre o que é um problema propriamente dito e um simples exercício. De forma simplificada, quando se tem um problema, a resolução não é feita de forma espontânea ou automática, assim como muitos exercícios. Para resolver o problema em questão, os alunos necessitam de um **processo de reflexão e de tomada de decisões para chegar a uma solução**. Um bom problema deve estar contido na cultura social dos alunos, provocando interesse e os envolvendo na busca da solução por meio do levantamento de hipóteses e depois testá-las para resolver o problema (CARVALHO, 2013).

Carvalho (2013) afirma que, geralmente, a sequência de ensino investigativo (SEI) possui algumas atividades-chave, se iniciando por um **problema**, que pode ser **experimental ou teórico**, de forma que os alunos sejam introduzidos nos tópicos desejados e possam pensar e refletir sobre as variáveis relevantes dos fenômenos científicos centrais do conteúdo programático. Após a resolução deste problema levantado, é necessário que seja feita uma **sistematização deste conhecimento construído pelos alunos**. Normalmente a sistematização é feita por meio de um texto em que os alunos possam refletir sobre suas respostas e comparar com a

	solução apresentada por esse texto. A terceira atividade proposta envolve a contextualização do conhecimento no cotidiano dos alunos, de forma que eles percebam a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social, também de forma que tenha um aprofundamento. A autora ressalta que, diferentemente do ensino tradicional em que o aluno apenas recebe as informações de maneira expositiva e procura entender a linha de raciocínio que está com o professor, sem ser o agente pensante, nessa metodologia o aluno adquire a tarefa de raciocinar e refletir, com a orientação e encaminhamento do professor, que não tem mais a tarefa de expor o conhecimento, e sim de guiar o aluno a construir novos conhecimentos. Por ser uma metodologia investigativa na qual, geralmente, a sequência de ensino se inicia com um problema, o papel do aluno passa a ser de pensar para tentar resolver esse problema dado, obtendo uma maior autonomia na busca do conhecimento. O professor irá, dentro de uma sala de aula, orientar e conduzir os caminhos no processo de construção de entendimento por parte dos alunos, de modo a levar os estudantes a uma aproximação do conhecimento científico aceito pela comunidade científica e escolar (SOLINO, <i>et. al</i>, 2015). Essa construção pode ser um pouco trabalhosa, já que o professor à primeira vista não fará uma exposição oral do conteúdo, pois o aluno por meio de seus erros nas respostas irá se conduzir a um possível acerto através dos direcionamentos do professor (CARVALHO, 2013).
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. 2ª reimp. (1ª ed. 2004), São Paulo: Cengage Learning, 2009. p. 19 - 33. CARVALHO, A. M. P. O Ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1 - 20. CLEMENT, L. CUSTÓDIO, J. F., FILHO, J. P. A. Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.8, n.1, p. 101 - 129, 2015.

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título da UDM	O que os olhos não veem a Química te explica: investigando sobre as forças de interação entre as moléculas		
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais	De acordo com o Currículo do Estado de São Paulo (2011), os objetivos previstos são: • Reconhecer os estados sólido, líquido e gasoso em função das interações eletrostáticas entre átomos, íons e moléculas; • Estabelecer diferenciações entre as substâncias a partir de suas propriedades; • Reconhecer ligações covalentes em sólidos e macromoléculas; • Reconhecer as forças de interação intermoleculares (forças de London e ligações de hidrogênio); • Fazer previsões a respeito de propriedades dos materiais a partir do entendimento das interações químicas inter e intrapartículas; Habilidade do Currículo Paulista (2020): Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).		
Objetivo da UDM	Analisar as diferentes propriedades específicas (P.F, P.E. e solubilidade) de substâncias a partir das forças intermoleculares, <i>atribuindo</i> essas diferenças aos tipos de interação que podem ocorrer entre as moléculas dependendo da geometria e polaridade que essas moléculas investigadas apresentam.		
Título das SD*	Objetivo das SD	Conteúdo Programático das SD	Tempo Aproximado (em aulas)
1. Semelhante dissolve semelhante: uma investigação sobre a polaridade das substâncias	Entender quais os fatores que influenciam na miscibilidade de substâncias, <i>explicando</i> a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade das moléculas com base em suas geometrias espaciais e como as polaridades apresentadas influenciam na solubilidade de determinadas substâncias	• Polaridade de ligações (Eletronegatividade, Ligações polares e ligações apolares). • Polaridade de moléculas • Polaridade e solubilidade	3

2. Uma molécula nunca está sozinha: investigando como elas interagem entre si	Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (P.F, P.E. e solubilidade), <i>diferenciando</i> os tipos de interações que podem ocorrer e <i>atribuindo</i> a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas.	• Forças de Interação intermoleculares • Interações dipolo-dipolo • Ligação de hidrogênio • Interações dipolo-dipolo induzido • Forças de London • Propriedades específicas das substâncias (ponto de fusão e ponto de ebulição)	3

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD1	Semelhante dissolve semelhante: uma investigação sobre a polaridade das substâncias				
Objetivo da SD	Entender quais os fatores que influenciam na miscibilidade de substâncias, <i>explicando</i> a diferença entre a polaridade de ligação e a polaridade das moléculas com base em suas geometrias espaciais e como as polaridades apresentadas influenciam na solubilidade de determinadas substâncias				
Estratégia de Avaliação	Os alunos serão avaliados de forma continuada ao longo das atividades realizadas, por meio da participação e da resolução do Estudo Dirigido e do Estudo de Caso, que deverão ser realizadas em grupos. A resolução do Caso poderá ser corrigida e entregue novamente após a sistematização dos conceitos em sala de aula.				
Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1 (síncrona)	TIC	Revisão (Eletronegatividade, densidade eletrônica); Momento de dipolo elétrico; Polaridade de ligação.	A professora deverá apresentar aos alunos o simulador interativo “Polaridade da Molécula” do PhetColorado, mostrando as suas funções (3 min). Em seguida, deverá separar a turma em grupos de 5 alunos, em salas do Google Meet, e entregará um estudo dirigido com algumas instruções	Computador ou celular com internet; Simulador interativo “Polaridade da Molécula” do PhetColorado.	Estudo dirigido; Os alunos serão avaliados por meio da entrega dos estudos dirigidos realizados em grupos de 5 alunos.

			de como explorar o simulador, seguido de questões sobre o que ocorre quando essas variações acontecem (ANEXO A) (20 min). Após isso, todos os alunos devem retornar para sala principal, em que a professora deve sistematizar os conteúdos de eletronegatividade e densidade eletrônica lembrados anteriormente, dialogando com os alunos sobre esses conceitos por meio das explicações das atividades exploradas no simulador. Em seguida, utilizando esses conceitos retomados, a professora deve introduzir o conceito de momento de dipolo elétrico que é formado sobre as moléculas, também utilizando o mesmo simulador (17 min). Após explicar o conceito de dipolo elétrico, ela deverá iniciar o conceito de polaridade de ligação demonstrando no simulador (10 min).		
2 (síncrona)	Estudo de caso - Parte I (Leitura e discussão)	Polaridade; Solubilidade das moléculas.	A professora deverá explicar o que é e como irá funcionar o estudo de caso e deverá ler juntamente com os alunos o caso "Adulteração da	Computador ou celular com internet.	Estudo de Caso "Adulteração da Gasolina". Os alunos serão avaliados por meio da

			gasolina” (ANEXO B) e em seguida separar os alunos em grupos de 5 (mesmo grupo da aula anterior) em salas do google meet (5 min). Os alunos deverão discutir entre si e propor a solução para o caso (20 min). Após esse tempo, a professora deverá explicar o conceito de polaridade, relacionando com a polaridade das moléculas (25 min). Os alunos deverão, após assistir o vídeo, entregar a resolução para o Caso na próxima aula.		primeira versão da resolução do Caso levantando hipóteses, e por uma segunda versão após assistir o vídeo sobre polaridade.
3 (síncrona)	Estudo de caso- Parte II (fechamento do caso).	Polaridade; Solubilidade das moléculas	A professora deverá inicialmente retomar o estudo de caso da aula anterior. Utilizando as resoluções apresentadas pelos grupos, a professora juntamente com os alunos deverá sistematizar e discutir o conceito de polaridade das moléculas e de solubilidade, apontando os erros e os acertos apresentados por cada grupo. Além disso, deverá explicar o porquê dos erros e dos acertos (40 min). Nos últimos 10 minutos da aula, os alunos deverão se reunir novamente em grupos para corrigirem, se necessário, a resolução final do caso, que	Computador ou celular com internet; powerpoint.	Estudo de Caso “Adulteração da Gasolina”. Os alunos serão avaliados por meio da primeira e segunda versão e da versão final corrigida da resolução do Estudo de Caso.

			deverá ser entregue na próxima aula.		
Referências (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	DA SILVA, D. S. G.; MATOS, P. M. de S.; DE ALMEIDA, D. M.. Métodos avaliativos no processo de ensino e aprendizagem: uma revisão. Cadernos de Educação, n. 47, p. 73-84, 2014. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/4651. Acesso em 08 de out. de 2020. GARCIA, M. F. et al. Novas competências docentes frente às tecnologias digitais interativas. Revista Teoria e Prática da Educação, [s. l.], v.14, n. 1, p. 79-87, jan./abr. 2011. MORENO, E. L.; HEIDELMAN, S. P. Recursos Instrucionais Inovadores para o Ensino de Química. Química nova na escola, São Paulo, v. 39, n.1, p. 12 -18, fev. 2017. PEREIRA, A. S. Estudo de Caso no Ensino de Química: O teste de adulteração da gasolina em foco. Pesquisa e debate em Educação. v. 6, n. 2. p. 31-47, 2006. Polaridade da molécula. Phet colorado. 2020. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecule-polarity>. Acesso em: 07 jan. 2021. SÁ, L.P., et al. Estudos de Caso em Química. Química nova, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD2	Uma molécula nunca está sozinha: investigando como elas interagem entre si				
Objetivo da SD	Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (Tensão superficial, P.E. e solubilidade), <i>diferenciando</i> os tipos de interações que podem ocorrer e <i>atribuindo</i> a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas.				
Estratégia de Avaliação	Os alunos serão avaliados de forma contínua durante o levantamento de hipóteses do experimento, além do mapa conceitual ao final da SD, em que deverão relacionar os conteúdos aprendidos durante a UDM. As atividades poderão ser refeitas e entregues novamente após correção.				
Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1 (síncrono)	Experimentação	Tipos de interação intermoleculares (dipolo permanente, dipolo induzido, ligação de hidrogênio e forças	A professora deverá disponibilizar um vídeo de experimentos relacionados às propriedades específicas de substâncias (P.E, tensão	Vídeo gravado previamente com experimentos e	Os alunos serão avaliados pelas hipóteses levantadas ao longo do vídeo dos experimentos.

		de London) e sua influência nas propriedades das substâncias.	superficial e solubilidade) e como as forças intermoleculares atuam nesses fenômenos (3 min), levantando hipóteses e concepções dos alunos ao longo do vídeo. A professora deverá disponibilizar juntamente com o vídeo de experimentos, um outro vídeo (30 min) explicando os conceitos envolvidos nesses experimentos dos tipos de forças intermoleculares e as propriedades específicas das substâncias (P.E, tensão superficial e solubilidade), ressaltando que existem algumas concepções alternativas sobre esses conceitos e explicando o conceito envolvido com base na ciência. Como tarefa, os alunos deverão resolver exercícios (forms) relacionados aos conteúdos aprendidos no vídeo e no experimento.	explicação dos conteúdos.	Além disso, deverão resolver alguns exercícios como tarefa sobre os conteúdos vistos em aula.
2 (assíncrona)	Aula expositiva	Revisão de forças intermoleculares	A professora deverá disponibilizar um vídeo gravado previamente em que serão corrigidos os exercícios que foram aplicados como	Powerpoint; computador ou celular com internet.	Vídeo de correção dos exercícios e revisão das forças intermoleculares. Os alunos serão

			tarefa da aula anterior, apontando os erros e os acertos dos alunos nas respostas, retomando os conceitos de polaridade e forças intermoleculares (20 min).		avaliados por meio dos exercícios realizados.
3 (síncrona)	Mapa conceitual	Revisão de polaridade e interações intermoleculares.	No início da aula, a professora deverá retomar os conteúdos de forças de interação, sanando as possíveis dúvidas que os alunos tiverem sobre o assunto. Em seguida, a professora deverá explicar o que é um mapa conceitual para os alunos, que deverão se reunir em grupos em salas do Google Meet para produzir um mapa sobre os conteúdos aprendidos ao longo da UDM, relacionando os conteúdos de polaridade e forças intermoleculares. Os alunos deverão retornar a sala geral e cada grupo deverá apresentar o seu mapa.	Computador ou celular com internet.	Os alunos serão avaliados por meio da confecção de mapas conceituais, que serão corrigidos pela professora e os alunos terão a chance de refazer com as possíveis correções feitas pela professora.
Referências (fundamentação das estratégias didáticas e de	LEITE, B. S. A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. Educación Química, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 61-78, ago. 2018. TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais. Ciência & Cognição, v. 12, n. 11, p. 72-85, 3 dez. 2007.				

avaliação escolhidas)	DA SILVA, D. S. G.; MATOS, P. M. de S.; DE ALMEIDA, D. M.. Métodos avaliativos no processo de ensino e aprendizagem: uma revisão. Cadernos de Educação , n. 47, p. 73-84, 2014. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/4651 . Acesso em 05 de jan. de 2020.

Observações (se necessário):

ANEXO A - Estudo Dirigido: Simulador interativo

- 1 - Escolha a opção “Dois átomos”. Selecione a opção “carga parcial” e superfície “densidade de elétrons”
 - . O que acontece quando aumentamos a eletronegatividade do átomo A e diminuimos a eletronegatividade do átomo B?
 - a. Quando o campo elétrico é ativado, o que acontece?
 - b. O que ocorre quando o campo elétrico está ativado e trocamos a eletronegatividade dos átomos? (átomo A menos eletronegativo e átomo B mais eletronegativo)
 - c. Explique cientificamente o que ocorre quando selecionamos a mesma eletronegatividade nos dois átomos.
 - d. Explique o que ocorre com a carga parcial quando o átomo B é mais eletronegativo do que o átomo A.
- 2 - Escolha a opção “Três átomos”. Selecione as opções “momento dipolar”, “dipolo molecular” e “carga parcial”.
 - . O que ocorre com o momento de dipolo e a carga parcial quando o átomo A é mais eletronegativo do que os outros átomos B e C?
 - a. Explique cientificamente o que acontece quando todos os átomos possuem a mesma eletronegatividade
 - b. Aplique o campo elétrico. O que acontece quando um dos átomos é mais eletronegativo?
 - c. Coloque dois dos átomos com muita eletronegatividade e um com baixa. O que ocorre?

ANEXO B - Estudo de Caso: Adulteração da gasolina

Adulteração da gasolina

Seu Carlos é um senhor de 52 anos, e todo dia pela manhã lê o jornal impresso que recebe em sua casa. Na primeira folha do jornal lê a seguinte manchete: “Aumento da mistura de álcool na gasolina”. A reportagem chama a sua atenção e ele, então, folheia o jornal até a página que comenta sobre a manchete inicial. Durante essa leitura, observa que o governo autorizou o aumento de 23% para 25% de álcool etílico anidro na gasolina distribuída no mercado nacional. Na mesma reportagem, o autor da matéria relata os possíveis danos que um carro, com a gasolina acima desses percentuais, pode apresentar. Justamente, o carro de seu Carlos, anda apresentando as mesmas alterações que consta da reportagem, ou seja, rendimento insatisfatório do veículo, com perda de potência do motor, e aumento do consumo de combustível.

Como sempre abastece no mesmo posto de combustível, o Sr. Carlos procura o frentista para conferir a qualidade da gasolina. Solicita, então, que o frentista realize o “teste da proveta”, que é indicado pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) para determinar o teor de álcool presente na gasolina.

Durante o teste, o Sr. Carlos fica surpreso de como o volume da fase aquosa (água + álcool) aumentou quando entrou em contato com a gasolina. Entusiasmado, ele vai logo perguntando, ao frentista:

- Qual o motivo do aumento desse volume?

- Meu senhor, eu não sei lhe informar, pois eu só realizo o teste e comparo com uma tabela para saber se a gasolina está ou não fora dos padrões.

Após realizar o teste e calcular os valores, percebem que a porcentagem é de 23 %, estando dentro, portanto, dos limites permitidos pela ANP.

Curioso, como sempre, o Sr. Carlos vai até a casa de um amigo, químico, e solicita que o amigo lhe explique o teste. Após as devidas explicações, nas quais apresenta as razões para o álcool ter sido extraído pela água, o amigo procurando verificar se o Sr. Carlos realmente conseguiu assimilar o que acabara de ouvir; lhe faz o seguinte questionamento:

1 - Por que o álcool foi extraído pela água?

2 - Se colocasse em uma proveta, querosene + gasolina + água:

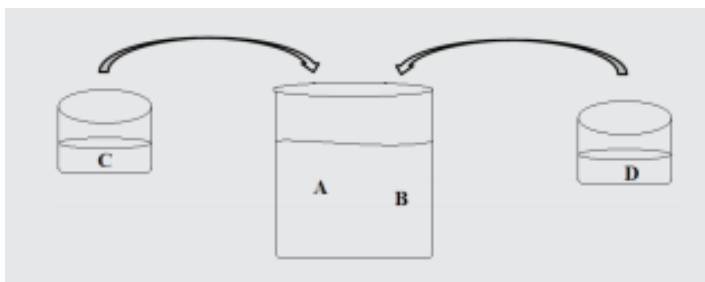
a) Essa mistura de substâncias formaria um sistema heterogêneo ou homogêneo?

b) A água poderia extrair o querosene (que estava, inicialmente, dissolvido na gasolina)? Por quê? Obs. O querosene e a gasolina pura são constituídos de moléculas de hidrocarbonetos que são apolares, já a água é constituída de moléculas polares.

3 – Em uma mistura homogênea de duas substâncias, A (polar) e B (polar), responda:

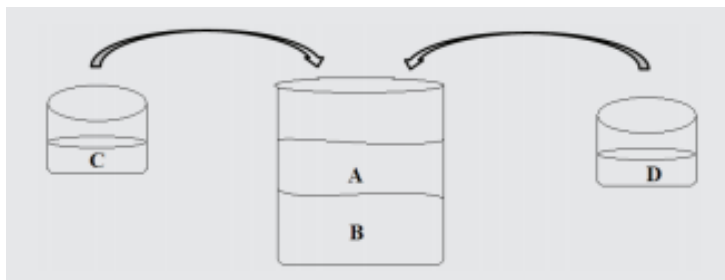
a) O que acontece se for adicionado a esta mistura uma substância C (apolar)? Por quê?

b) O que acontece se for adicionado a esta mistura uma substância D (polar)? Por quê? Veja o esquema para essa questão



4 – Em uma mistura heterogênea de duas substâncias, A (polar) e B (apolar), o que acontece se for adicionado ao mesmo tempo uma substância C (apolar) e uma substância D (polar)?

Veja o esquema para essa questão



Fonte: PEREIRA, A. S. Estudo de Caso no Ensino de Química: O teste de adulteração da gasolina em fogo. **Pesquisa e debate em Educação.** v. 6, n. 2. p. 31-47, 2006.

ANEXO C - Atividade avaliativa SD 2 - Aula 1

A maior parte dos seres vivos é constituída por água, responsável por 70 a 85% de sua massa. Considere as afirmativas abaixo relacionadas às propriedades físico-químicas da água.

- I) A molécula de água é polarizada, ou seja, apesar de ter carga elétrica total igual a zero, possui carga elétrica parcial negativa na região do oxigênio e carga elétrica parcial positiva na região de cada hidrogênio.
- II) Na água em estado líquido, a atração entre moléculas vizinhas cria uma espécie de rede fluida, em contínuo rearranjo, com ligações de hidrogênio se formando e se rompendo a todo momento.
- III) A tensão superficial está presente nas gotas de água, sendo responsável pela forma peculiar que elas possuem.
- IV) A água possui um baixo ponto de ebulição, pois devido a suas forças intermoleculares de ligação de hidrogênio serem fracas, não é necessário fornecer muita energia para romper as interações.

Assinale a alternativa que contenha todas as afirmativas CORRETAS.

- a) I e III
- b) II e IV
- c) I, II e III
- d) I, II e IV
- e) I, III e IV

1 - A figura a seguir mostra um fenômeno chamado tensão superficial que ocorre em líquidos. Este fenômeno explica como insetos conseguem pousar sobre a água e porque a gota de água tem formato esférico. Explique como esse fenômeno ocorre e porque a tensão superficial da água é tão alta.



2) É muito comum que os mecânicos, após um longo dia de trabalho, utilizem gasolina para retirar a graxa das mãos. Explique, com base nas forças intermoleculares e solubilidade, o motivo pelo qual somente a água não é capaz de remover a graxa das mãos e/ou de superfícies. Lembre-se que a graxa é uma substância apolar.

3) Observe a seguinte tabela com o ponto de ebulição (em graus Celsius) de alguns ácidos inorgânicos:

Substâncias ácidas	PE (°C)
Ácido clorídrico (HCl)	-85
Ácido fluorídrico (HF)	20
Ácido iodídrico (HI)	-35
Ácido bromídrico (HBr)	-67

O comportamento do HF, bastante diferente dos demais compostos, justifica-se porque entre suas moléculas ocorrem:

- a) ligações covalentes apolares.
- b) ligações covalentes polares.
- c) interações denominadas ligações de hidrogênio.
- d) interações dipolo-induzido.
- e) interações por dipolo permanente.

ANEXO E - DIÁRIO DE AULA

Instrumento para registro de aula: diário de aula – Estágio V (Instrumentação para o Ensino de Química)

Nomes (ordem alfabética): Carolina Martins Primo
Letícia Damiano Dantas
Vanderly Gomes da Silva

Título da UDM: O que os olhos não vêem, a química te explica: investigando sobre as forças de interação entre as moléculas

IDENTIFICAÇÃO	
Nome da escola	
Dia e horário da aula	Semana 1-5 de janeiro de 2021
SD aplicada e objetivo(s)	Título: Uma molécula nunca está sozinha: investigando como elas interagem entre si Objetivo: Analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (Tensão superficial, P.E. e solubilidade), diferenciando os tipos de interações que podem ocorrer e atribuindo a intensidade de cada força de interação para explicar as propriedades específicas elencadas.
Aula(s) aplicada(s) da SD	Aula 1 da SD

Reflexões sobre as concepções alternativas, os obstáculos epistemológicos, o objetivo da SD e os resultados da avaliação (formal ou informal):

A proposta da aula aplicada envolveu inicialmente o levantamento de hipóteses prévias por meio de um vídeo interativo na plataforma do Vizia. O vídeo continha 3 experimentos sobre: miscibilidade de líquidos, tensão superficial e ponto de ebulição. A perspectiva era de que os estudantes pudessem, anteriormente ao contato com qualquer embasamento científico, selecionar ao longo do vídeo o que eles acreditavam que aconteceria nos experimentos, ou a possível explicação para isso.

Ao analisar os resultados obtidos nessa atividade (ANEXO 1), foi possível observar que as hipóteses seguiram uma tendência. Para o primeiro experimento

sobre miscibilidade dos líquidos, foi perguntado o motivo pelo qual a água e o óleo não se misturam. A maioria dos alunos (8 dos 11) responderam a alternativa “porque a água e o óleo possuem diferentes polaridades e interações intermoleculares”, justamente a alternativa correta. Por outro lado, outros 3 alunos selecionaram a opção afirmando que a água é mais densa que o óleo e por último, nenhum dos alunos respondeu que a “água possui massa maior que a do óleo”.

No levantamento de hipóteses, a maioria dos alunos respondeu corretamente. A análise que pode ser feita é a respeito da forma como foi escrita a hipótese, que pode ter sugerido aos estudantes fazerem uma relação com o tópico/ assunto da aula, que já havia sido disponibilizado no Moodle como “Forças Intermoleculares”. Nesse sentido, os alunos podem ter relacionado o título da aula com a resposta da alternativa correta.

Poucos alunos selecionaram a segunda alternativa, de que a água é mais densa do que o óleo, pois podem ter associado a algumas visões de senso comum que associam a imiscibilidade de líquidos à densidade das substâncias, podendo ser considerada como uma concepção alternativa. Por fim, nenhum estudante selecionou a última alternativa, pois os alunos podem ter visto em aulas anteriores que a massa não influencia nesse fenômeno.

O segundo experimento foi sobre a tensão superficial, em que foi questionado aos alunos o que iria ocorrer ao adicionar detergente na água em um copo com uma agulha em sua superfície. Nessa pergunta, 7 dos 11 alunos responderam que a agulha cairia, sendo essa a resposta correta. No entanto, 4 alunos marcaram a alternativa afirmando que a agulha permanece na superfície. Por último, nenhum aluno assinalou que “a agulha vai pular do copo”.

Novamente a maioria dos alunos responderam a alternativa correta, pois acredita-se que é intuitivo a agulha cair ao adicionar o detergente. Outra possibilidade é que alguns estudantes já podem ter experienciado fenômenos parecidos em casa e no cotidiano, mas não necessariamente significa que possuem compreensão sobre a teoria por trás do experimento. Para poucos alunos a agulha permanece do mesmo jeito sem alterações. Nenhum aluno selecionou a última alternativa, talvez por ser intuitivo que a agulha não pularia do copo apenas adicionando detergente em água.

O terceiro e último experimento perguntava “Qual substância você acredita que possui uma força de interação mais forte entre as moléculas?”. A primeira alternativa foi a água, em que 4 alunos a assinalaram, sendo essa a alternativa correta. Por outro lado, 7 alunos responderam que a acetona possui uma maior força de interação e nenhum aluno respondeu a afirmação “nenhuma das duas”.

Neste último levantamento de hipóteses, a maioria dos alunos assinalou a resposta incorreta. A primeira análise que pode ser feita aqui é sobre a pergunta que, da forma como foi escrita, pode ter dado margem para confusões uma vez que foi utilizado os termos “força mais forte”, não estando escrita de forma objetiva e clara. Por outro lado, também observa-se que os alunos podem ter associado o fenômeno da acetona evaporar mais rápido, observado pelo experimento, com ela ter uma força intermolecular mais intensa, embasando-se em conhecimentos do cotidiano.

A perspectiva era de que os alunos, de fato, levantassem hipóteses e que essas teorias poderiam ser testadas ao longo das aulas assistidas na sequência. Dessa forma, os alunos não tinham conhecimentos teóricos para responder esses questionamentos da forma correta. Acredita-se que essa atividade esteja

coerente com a metodologia de ensino por investigação utilizada durante todo o planejamento e execução da aula, em que os erros também são valorizados e por isso esta atividade foi muito importante para nossa avaliação dos estudantes, como será discutido mais à frente.

Após o levantamento de hipóteses, os alunos foram instruídos a assistirem às vídeo aulas disponibilizadas sobre o conteúdo de Forças Intermoleculares. Em seguida, foi disponibilizado aos alunos uma atividade no Google Formulário, contendo 3 questões sobre miscibilidade, tensão superficial e ponto de ebulição. Ao todo obtivemos 13 respostas dos alunos (ANEXO 2).

Para realizar uma análise mais profunda sobre os resultados obtidos, se faz necessário discutir as questões individualmente. Na primeira questão, que visava relacionar os conteúdos de forças intermoleculares com a propriedade de miscibilidade dos líquidos (água, óleo e álcool), foi possível observar que a grande maioria dos alunos não conseguiram assimilar a propriedade com as forças intermoleculares. Dos 13 alunos que responderam ao formulário, 9 atribuíram a imiscibilidade da água e da graxa ao conceito de polaridade dessas substâncias.

Nota-se que, ainda que tenha ficado claro no enunciado que a resposta deveria ser embasada nos conceitos de Forças Intermoleculares, a maioria dos alunos forneceram respostas utilizando o conceito aprendido nas aulas anteriores ministradas pela professora Elaine. Esse fato pode estar associado a aula gravada e disponibilizada para os estudantes, em que não foi enfatizado que a polaridade não explica completamente e unicamente o porque duas substâncias não são se misturam, mas que o conceito científico que explica esse fenômeno de forma mais coerente é o das forças intermoleculares.

A segunda questão feita para os estudantes envolvia os conhecimentos relacionados à tensão superficial e às forças intermoleculares. Foi possível analisar que a maioria dos estudantes apresentaram respostas coerentes com a vídeo aula disponibilizada, explicando como se dá o fenômeno da tensão superficial e o porquê a tensão superficial da água é mais forte do que a de outras substâncias. A maioria dos alunos apresentaram respostas completas e coerentes.

Por fim, a terceira questão envolvia o conteúdo de forças intermoleculares relacionado à propriedade do ponto de ebulição de substâncias. É importante ressaltar que essa questão foi de alternativa e apenas uma das alternativas estava correta. Todos os alunos que responderam a atividade acertaram a questão, afirmando que, dentre uma lista de substâncias, as que apresentavam maior ponto de ebulição possuíam a força de interação de ligação de hidrogênio (HF e H₂O).

Frente a esses dados, é possível afirmar que o objetivo proposto para essa sequência didática não foi completamente atingido. Isso porque esperava-se analisar como as forças de interação intermoleculares influenciam nas propriedades específicas de substâncias (tensão superficial, P.E. e solubilidade). Entretanto, percebe-se com os resultados obtidos na atividade que os alunos, em sua grande maioria, não conseguiram assimilar a propriedade da solubilidade às forças intermoleculares.

Por outro lado, foi possível obter resultados positivos com relação à tensão superficial e ao ponto de ebulição, pois, como ressaltado anteriormente, as respostas obtidas para essa questão mostraram que os alunos conseguiram

analisar a influência das interações que determinadas substâncias possuem nessas propriedades.

Nesse sentido, ainda que a vídeoaula e as atividades aplicadas tenham ocorrido em apenas uma aula e com o tempo reduzido, é possível atribuir as principais dificuldades encontradas pelos alunos com relação aos conteúdos de forças de interação intermoleculares associados ao conceito de miscibilidade, pois apenas 2 dos 13 alunos conseguiram responder de forma correta e completa a questão.

Com relação ao conceito de F.I associadas ao ponto de ebulição, a discussão que pode ser feita é que com a questão de alternativa não foi possível compreender a fundo se os alunos de fato se apropriaram do conhecimento. Ainda que todos tenham acertado a questão, não é possível saber se nenhum dos estudantes apresentaram dificuldades com relação a esse conceito. Diferentemente das questões dissertativas, em que foi possível analisar, com base nas respostas dos alunos, as principais dificuldades que eles encontraram sobre o conteúdo.

Além dessa importante discussão sobre as aprendizagens e dificuldades encontradas pelos alunos ao longo da aula, é possível realizar uma discussão sobre as possíveis relações entre as concepções alternativas e obstáculos epistemológicos encontrados com a literatura.

Nas respostas dos alunos dos exercícios aplicados na plataforma Google Formulário foram encontradas duas concepções alternativas, uma que já havia sido encontrada na literatura na elaboração da UDM, e outra que não havia sido discutida ainda. Já os obstáculos epistemológicos identificados nas respostas dos alunos foram animista, realista e verbal, sendo que nenhum dos obstáculos apresentados pelos alunos tinham sido encontrados na literatura ou pensados durante a elaboração da UDM. A Tabela 1 abaixo mostra as concepções alternativas e os obstáculos epistemológicos identificados nas respostas dos alunos nos exercícios, bem como um extrato demonstrativo da resposta e a questão em que foram encontrados.

Tabela 1 - Obstáculos epistemológicos e concepções alternativas encontradas ao longo das questões.

Obstáculos epistemológicos	Concepções alternativas	Extrato Demonstrativo	Questão identificada
-	Não há diferenças significativas entre as FI e as ligações químicas	“(…) o inseto consegue pousar sobre ela, pois seu peso não quebra as ligações da água”	Tensão superficial (questão 1)
-	Não há diferenças significativas entre as FI e as ligações químicas	“O inseto é leve e faz com que não haja perigo de quebrar a formação das moléculas que têm na água.”	Tensão superficial (questão 1)
Verbal	-	“(…) substâncias as quais se conectam em apolos diferentes.”	Miscibilidade de substâncias (questão 2)
Realista	-	“Quando o inseto (que é bem levinho) pousa sobre a superfície, ele ‘pisa’ em	Tensão superficial (questão 1)

		cima de um grupo de moléculas.”	
Verbal	-	“(…) de um grupo de moléculas que estão bem juntinhas.”	Tensão superficial (questão 1)
Animista	-	“A tensão superficial da água é alta pois ela utiliza a ligação de hidrogênio que é a mais forte e muito difícil de ser rompida.”	Tensão superficial (questão 1)
-	Explicar a imiscibilidade com base na densidade das substâncias	“(…) a água é muito solúvel fazendo assim com que ela sozinha não consiga tirar a graxa que é mais densa.”	Miscibilidade de substâncias (questão 2)

A concepção alternativa encontrada na literatura de que “não há diferenças significativas entre as forças intermoleculares e as ligações químicas”, aparece na resposta de dois alunos na questão sobre tensão superficial, quando um dos alunos utiliza o termo “ligação” e o outro utiliza o termo “formação das moléculas” para se referirem a interação intermolecular da água. A outra concepção alternativa identificada na resposta de um aluno foi “explicar a imiscibilidade com base na densidade das substâncias”, quando o aluno utilizou a densidade para explicar que água e graxa não são miscíveis.

Essa concepção, apesar de não ter sido explicitada na UDM, já havia sido prevista durante a preparação da videoaula disponibilizada, em que cada uma das hipóteses levantadas pelo vídeo interativo no Vizívia foi discutida. Uma das hipóteses que poderia ter sido escolhida nessa atividade era de que a água e o óleo não se misturam pois possuem densidades diferentes e na videoaula foi explicado o porque essa hipótese não é verdadeira e não explica a imiscibilidade dos líquidos.

Um dos obstáculos epistemológicos encontrados nas respostas dos alunos foi o realista, que foi identificado na resposta do exercício sobre tensão superficial quando o aluno responde que o inseto ‘pisa’ em cima de um grupo de moléculas. Esse obstáculo pode ter sido provocado a partir de uma imagem que foi mostrada na vídeoaula sobre tensão superficial, apresentada na Figura 1 abaixo.

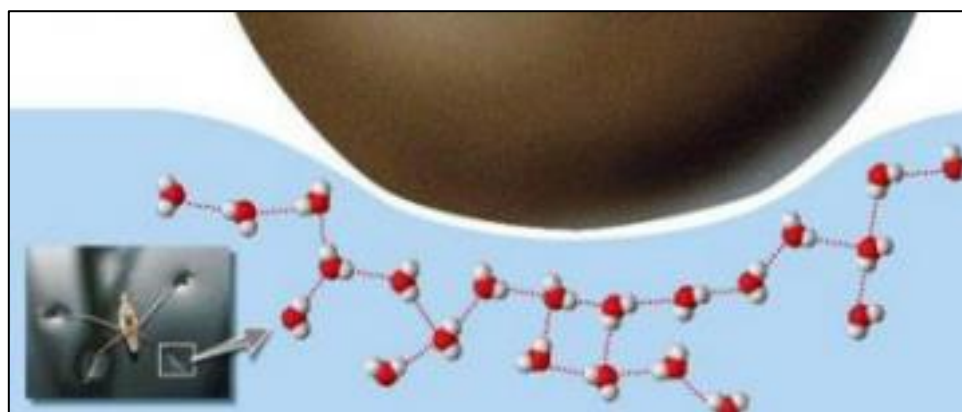


Figura 1. Imagem utilizada na apresentação para o conceito de Tensão Superficial

Outro obstáculo realista encontrado também no exercício sobre tensão superficial, foi na resposta de um aluno que se refere às forças que as moléculas de água realizam na superfície como uma “parede” formada pelas moléculas. Este obstáculo também pode ser considerado verbal, pois o aluno utilizou uma palavra do cotidiano para se referir a um termo científico, ou realista, por associar um fenômeno abstrato e complexo com um objetivo macroscópico (parede). Este obstáculo pode ter sido causado também, através da imagem apresentada na vídeo-aula.

O obstáculo verbal aparece mais duas vezes nas respostas, uma na questão sobre tensão superficial, em que o aluno diz que as moléculas estão “bem juntinhas” para explicar que o mosquito não quebra as interações da água, e outra na questão 2 sobre miscibilidade de substâncias, quando o aluno utiliza o termo “se conectam” para se referir a atração dos polos das moléculas.

Por último, o obstáculo animista foi encontrado uma vez no exercício 1 sobre tensão superficial, na resposta de um aluno que diz que a tensão superficial da água é alta pois ela “utiliza” a interação ligação de hidrogênio, como se a água pudesse variar as interações intermoleculares que ela faz com ela mesma, atribuindo vida a molécula de água.

As concepções alternativas e os obstáculos epistemológicos encontrados foram predominantemente na resposta dos alunos da questão sobre tensão superficial. Isso pode indicar que os alunos não conseguiram se apropriar da linguagem científica como é discutido e proposto pela metodologia ensino por investigação. Nesse sentido, nas respostas dos alunos é possível observar que eles tentaram utilizar suas próprias palavras para resolver a questão, portanto é possível que eles tenham entendido o conteúdo, mas não se apropriaram da linguagem específica da ciência, ou não tenham conseguido atingir a abstração que é necessária para a compreensão desses conteúdos.

Após a leitura e análise das atividades entregues pelos estudantes, foi possível estabelecer alguns critérios e pesos para as atividades. Considerando que na metodologia Ensino por Investigação o erro também é valorizado para que, de fato, ocorra a alfabetização científica e a compreensão dos conhecimentos científicos, os alunos receberam 2,0 pontos para essa atividade, independente se as hipóteses levantadas estavam corretas ou não.

A segunda atividade (disponibilizada pelo Google Formulário) com as questões sobre o conteúdo tiveram um valor de 8,0 pontos no total, sendo 3 pontos para a questão de miscibilidade, 3 pontos para a questão de tensão superficial e 2 pontos para a questão de ponto de ebulição, visto que essa questão era de alternativa e não demandava muita complexidade e atenção na resposta dos alunos. A Tabela 2 a seguir apresenta as notas obtidas pelos alunos que realizaram as atividades.

Tabela 2 - Notas obtidas pelos alunos para as atividades propostas.

Alunos	E-mail	Nota atividade Levantamento de Hipótese (2,0)	Nota atividade Formulário	Nota Final
		2,0	3,2	5,2
		2,0	6,0	8,0
		2,0	3,5	5,5

		2,0	3,0	5,0
		2,0	6,5	8,5
		2,0	6,7	8,7
		0,0	6,0	6,0
		2,0	8,0	10
		2,0	3,5	5,5
		2,0	5,0	6,0
		2,0	6,0	8,0
		0,0	4,5	4,5
		0,0	5,0	5,0

OBS: os nomes foram encobertos para fins de anonimização dos estudantes.

Como é possível observar, a maioria dos alunos obtiveram uma nota superior a 5,0. É necessário ponderar que alguns alunos não assistiram ao vídeo de levantamento de hipóteses no Vizia, ou que não tenham se identificado e por isso acabaram não recebendo os 2,0 pontos.

Reflexões sobre a adequação das estratégias didáticas, recursos e materiais de aprendizagem utilizados na aula:

A utilização da metodologia Ensino por Investigação durante aulas remotas foi um desafio, porém achamos que funcionou muito bem por termos conseguido realizar um vídeo interativo de experimentos com a plataforma Vizia, pois muitos alunos assistiram e responderam ao levantamento de hipóteses. Acreditamos que com esse vídeo interativo foi possível chamar a atenção de alguns alunos para a aplicação da nossa UDM. Também, com a utilização do vídeo interativo foi possível ministrar uma aula remota coerente com a metodologia investigativa, que também valoriza o erro e as hipóteses dos estudantes na construção do conhecimento.

Em relação a atividade do Google Formulário que os alunos realizaram depois de assistir as videoaulas, consideramos que a utilização da plataforma Google Forms funcionou, pois 13 alunos responderam as questões, como foi previsto pela professora, que afirmou que poucos alunos estão respondendo às atividades no regime remoto. Em geral, nos exercícios dissertativos, foi possível observar alguns entendimento dos alunos, as concepções alternativas que não foram superadas e os obstáculos epistemológicos que podem ter sido criados durante as videoaulas, portanto essas questões funcionaram para avaliar o grau de entendimento dos alunos sobre o conteúdo. Já o exercício sobre ponto de ebulição que foi na forma de alternativa não deu certo, pois apesar de todos os

alunos terem respondido a alternativa correta, não há como saber se houveram dificuldades no assunto.

Como mencionado anteriormente foi aplicada uma aula da UDM, que realizamos em dois momentos. No primeiro momento, a aplicação de um vídeo com 3 experimentos (tempo de 3 min e 22 seg) para levantamento de hipóteses dos alunos e em seguida foi disponibilizado dois vídeos de 20 e 12 minutos com a nossa explicação teórica do conteúdo juntamente aos experimentos, testando as teorias e hipóteses levantadas no primeiro vídeo interativo.

O primeiro vídeo (tempo de 19 min e 31 seg) continha a explicação do primeiro experimento juntamente com os conceitos de forças intermoleculares. O segundo vídeo (tempo 11 min e 41 seg) possuía a explicação do segundo e terceiro experimento juntamente com o conceito de tensão superficial e ponto de ebulição. A aula no total teve duração de 34 min e 34 seg, como previsto pelas considerações da professora responsável pelo estágio, passando um pouco do que foi sugerido pela coordenação da escola para que as aulas não ficassem muito longas.

Apesar das limitações encontradas frente à situação de pandemia e do ensino remoto, os recursos como Google Formulário, plataforma Vizia interativa e os slides apresentaram potencialidades para o desenvolvimento dos conteúdos de forma coerente com a metodologia ensino por investigação e com os objetivos de aprendizagem estabelecidos ao longo do planejamento. A plataforma Vizia merece um destaque nesta reflexão, pois ela permitiu uma certa interação com os alunos, visto que no contexto do ensino remoto às interações estão sendo muito prejudicadas. Além disso, a plataforma interativa permitiu que as questões fossem colocadas no meio dos vídeos e que, para continuar assistindo, os alunos precisavam selecionar uma alternativa, permitindo que os alunos levantassem as hipóteses para que elas fossem testadas posteriormente.

A estratégia de experimentação utilizada nesta SD também foi considerada efetiva para abordar os conteúdos previstos. Apesar do pouco tempo que tivemos, os experimentos foram realizados de forma rápida, objetiva e clara. Além disso, os experimentos realizados poderiam ser testados pelos estudantes em casa, para que eles pudessem testar e refletir mais sobre o conteúdo.

Por fim, um problema encontrado foi a disponibilidade de apenas uma aula para discutir sobre o assunto. Essa dificuldade está relacionada às especificidades do ensino remoto e ao cronograma escolar que precisa ser cumprido. Além disso, esperava-se poder sanar as possíveis dúvidas e principais dificuldades encontradas ao longo das atividades no plantão síncrono da aula na semana seguinte. Entretanto, é importante ressaltar que nenhum aluno apareceu, o que já era esperado pela professora, pois o semestre estava chegando ao fim e os alunos não estavam participando mais.

Propostas de modificações:

Diante de todas as considerações feitas ao longo desse diário de aula reflexivo, é possível propor algumas modificações a respeito do que foi planejado e do que foi realizado, de forma concreta.

Um ponto que precisa de muita atenção e algumas mudanças é a apresentação de slides que foi utilizada. Como foi discutido, uma das imagens utilizadas pode ter influenciado na criação de obstáculos epistemológicos, que

impedem os alunos de se apropriarem das ferramentas culturais da ciência. Em alguns momentos, algumas imagens foram utilizadas com o intuito de facilitar o entendimento sobre o conteúdo, como na explicação sobre tensão superficial. Entretanto, isso foi refletido nas respostas obtidas na atividade, em que foram observadas algumas concepções alternativas e obstáculos epistemológicos.

Outro ponto importante que merece destaque é o vídeo interativo para levantamento de hipóteses. Apesar de ter sido uma estratégia que consideramos efetiva dentro do contexto de ensino por investigação no regime remoto, algumas questões precisam ser repensadas da forma como foram escritas, pois as vezes a própria pergunta acabou sugerindo as respostas corretas para os alunos, que não precisam pensar e refletir muito sobre o assunto antes de responder, o que não era o esperado de se fazer. Além disso, uma das perguntas acabou utilizando termos confusos como “força mais forte” e isso pode ter causado uma confusão na ideia dos alunos.

Na mesma perspectiva de ter mais cuidado com as questões, também refletimos sobre as questões colocadas na atividade do Google Formulário. Ainda que todos os alunos tenham acertado, a questão de alternativa colocada sobre ponto de ebulição não nos forneceu informações importantes sobre as principais dificuldades e aprendizagens dos estudantes, como foi discutido para as outras duas questões discursivas. Dessa maneira, não sabemos se os alunos de fato conseguiram entender o conteúdo, relacionar essa propriedade às forças intermoleculares ou se tiveram alguma dificuldade.

Apesar de ter sido mencionado na videoaula a diferença entre forças intramoleculares (ligações químicas) e intermoleculares, foi possível observar nas respostas de alguns alunos que isso ainda não ficou muito claro para eles, pois utilizaram o termo “ligação” para se referir às forças. Dessa forma, esse pode ser um ponto de mudanças também, para que na explicação isso seja ressaltado e para que os alunos não apresentem essa concepção alternativa mais, pois é um ponto muito importante do conteúdo.

Quanto aos conteúdos, a reflexão principal e proposta de mudança que pode ser feita é propor uma abordagem diferente para explicar a questão da miscibilidade dos líquidos. Acreditamos que esse tenha sido o ponto mais falho do planejamento e execução da SD, pois, pelas respostas dos alunos, percebemos que não ficou claro a explicação com base nas forças intermoleculares e eles se embasaram, na grande maioria, nos conteúdos de polaridade para explicarem o fenômeno. Analisando a vídeo aula, percebe-se que não ficou claro que essa é a explicação mais coerente cientificamente para esse fenômeno (água e óleo não se misturarem), que dá margens para muitos posicionamentos de senso comum. Dessa maneira, a abordagem desse conteúdo deve ser repensada e talvez priorizada, levando um pouco mais de tempo, por se tratar de um assunto complexo.

Nessa perspectiva, é possível discutir um pouco mais sobre a questão do tempo. Com as especificidades que a escola definiu para o regime remoto, o tempo estabelecido foi de 15 a 20 minutos. Entretanto, para conseguir atingir os objetivos de forma efetiva, seria necessário um tempo maior de aula, pois como discutido, alguns assuntos possuem um caráter abstrato e uma complexidade muito alta e isso refletiu em algumas dificuldades de aprendizagem observadas nas atividades.

Por outro lado, também leva-se em conta que esse tempo é o que foi observado pelos professores, professoras e coordenadores da escola que mais

funcionam para manter o interesse e atenção dos alunos. Como foram utilizados 30 minutos de videoaulas, isso pode ter comprometido a atenção e o interesse dos alunos.

Por último, também vale a pena uma reflexão e possível modificação no planejamento e nas ações concretas para adição de um critério de avaliação de aprendizagem que contemple os aspectos da linguagem científica. Visando uma aprendizagem com base na metodologia ensino por investigação, esse aspecto é fundamental para observar se os alunos estão atingindo a alfabetização científica ao longo da aula, que é um dos propósitos da educação segundo a metodologia escolhida. Esse aspecto fica claro ao analisar as respostas dos estudantes, que por muitas vezes utilizam linguagens do cotidiano para explicar alguns fenômenos, como foi muito observado na questão sobre tensão superficial.

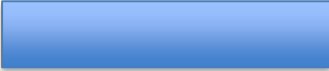
ANEXO 1 - Resultados obtidos na atividade do experimento interativo

	Porque a água e o óleo não se misturam?			O que você acha que acontecerá quando adicionar detergente na água?			Qual substância você acredita que possui uma força de interação mais forte entre as moléculas?		
Alunos	Porque a água é mais densa que o óleo	Porque a água e o óleo possuem diferentes polaridades e interações intermoleculares	Porque a água possui uma massa maior que a do óleo	A agulha vai permanecer na superfície	A agulha vai pular do copo	A agulha vai cair	Água	Acetona	Nenhuma das duas
		X				X	X		
	X					X		X	
		X		X				X	
		X				X		X	
		X				X		X	
	X					X	X		
		X				X		X	
		X		X				X	
		X		X			X		
	X			X			X		
		X				X	X		

OBS: os nomes foram encobertos para fins de anonimização dos estudantes.

ANEXO 2 - Resultados dos exercícios do Google Formulário

Alunos que responderam ao forms (e-mail)	Questão 1 (Tensão Superficial) A figura a seguir mostra um fenômeno chamado tensão superficial que ocorre em líquidos. Este fenômeno explica como insetos conseguem pousar sobre a água e porque a gota de água tem formato esférico. Explique como esse fenômeno ocorre e porque a tensão superficial da água é tão alta. Critérios: 1 -Explicação da T.S. (2,0) 2- Justificativa para a T.S. da água ser maior do que outros líquidos (1,0) Total (3,0)	Questão 2 (Miscibilidade) É muito comum que os mecânicos, após um longo dia de trabalho, utilizem gasolina para retirar a graxa das mãos. Explique, com base nas forças intermoleculares e solubilidade, o motivo pelo qual somente a água não é capaz de remover a graxa das mãos e/ou de superfícies. Lembre-se que a graxa é uma substância apolar. Critérios: 1 - Explicação com base na polaridade (1,0) 2- Explicação com base nas FI (2,0) Total (3,0)	Questão 3 (P.E) (2,0)
	Esse fenômeno ocorre pois a tensão superficial da água, ou seja, a força de atração entre as moléculas da água são muito fortes, e elas são fortes pois a água faz a ligação de hidrogênio, por possuir moléculas de oxigênio que são elementos eletronegativos, e o hidrogênio que é um elemento eletropositivo, então os dois polos acabam tendo uma ligação muito forte, o que faz a água ter um tensão superficial muito alta, e o inseto consegue pousar sobre ela, pois seu peso não quebra as ligações da água, fazendo ele ficar na superfície. Critérios 1: (1,7) 2: (1,0) Total: 2,7 Concepção alternativa 1	A gasolina é uma substância apolar, e a água é uma substância polar. A graxa é apolar, ou seja, a gasolina limpa ela, pois a parte apolar da gasolina interage com a parte apolar da graxa, que faz a graxa sair da mão. Só a água não conseguiria limpar por conta de ser uma substância polar, ela não iria conseguir interagir com a graxa. Critérios 1: (1,0) 2: (2,0) (2,7)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)

	Entre as moléculas de água ocorre uma interação intermolecular chamada de ligação de hidrogênio que é a responsável pela força de atração entre uma molécula (moléculas na superfície) e outra e que possibilita aos insetos andarem sobre a água. explicação incompleta da T.S. e faltou justificar porque a da água é mais forte Critérios 1: (1,5) 2: (0,0) Total: (1,5)	Porque a gasolina é apolar e a água polar, então quando a graxa entra em contato com a água ela não se solubiliza como faz com a gasolina. Critérios 1: (1,0) 2: (0,0) (1,0)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)
	Porque a água faz ligações de hidrogênio que formam uma espécie de camada chamada "tensão superficial". Critérios 1: 0,0 2: 0,0 (0,0)	Porque a água é uma substância polar, então não interage com as moléculas da graxa. Critérios 1: (1,0) 2: (0,0) (1,0)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)
	A tensão superficial ocorre porque a força de atração das moléculas na superfície é diferente da força de atração das moléculas abaixo da superfície. As moléculas abaixo da superfície são atraídas por moléculas de todos os lados, já as moléculas da superfície são atraídas somente para abaixo e para os lados, por não haver moléculas acima delas. Isso cria uma força sobre essas moléculas, que causa a contração do líquido, e assim se forma uma fina camada. A tensão superficial da água é maior em razão da sua interação intermolecular, que é a ligação de hidrogênio, que possui uma intensidade muito forte e a assim, a interação entre as moléculas é mais resistente. Critérios 1: (2,0) 2: (1,0) (3,0)	A graxa é uma substância apolar, portanto suas interações só podem ser dipolo-dipolo induzido ou forças de London, já a da água é ligações de hidrogênio, que possui uma intensidade maior do que as da graxa. Assim, a graxa não será solúvel na água, justamente por não conseguir romper com as interações já existentes entre as moléculas da água. E justamente por não ser solúvel, ou seja, as moléculas da água não interagir com as moléculas da graxa, a água não consegue remover a graxa das mãos e das superfícies. Critérios 1: (1,0) 2: (2,0) (3,0)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)

	A força de atração das moléculas na superfície da água é diferente da força que ocorre entre as moléculas abaixo da superfície, isso porque elas não apresentam moléculas acima delas e então suas ligações de hidrogênio interagem apenas às moléculas abaixo e aos lados, diferente das moléculas que estão abaixo da superfície, que apresenta sua interação para todos os sentidos com a mesma força mútua. O desnível de atração na superfície vai gerar uma força sobre essas moléculas e provoca a contração do líquido, causando a chamada tensão superficial, que atua como uma camada fina sobre a água. A tensão superficial da água é a mais alta de todos os líquidos (pq?), e é por isso que a gota de água tem o formato esférico, e alguns insetos conseguem andar sobre a água. Critérios 1: (2,0) 2: (0,0) (2,0)	A água é uma substância polar, a graxa e a gasolina são substâncias apolares. A água não será solúvel a graxa, pois suas polaridades das moléculas não são compatíveis, não podendo remover a graxa das mãos ou superfícies, já a gasolina por ser uma substância semelhante a graxa (apolares), irá ser capaz de se dissolver uma na outra, assim sendo possível retirar a mancha de graxa das mãos ou superfícies. Como a força intermolecular da água é mais forte que a da graxa, então a substância não irá se solubilizar. (não sei se eu entendi muito bem) Critérios 1: (1,0) 2: (1,5) (2,5)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)
	O inseto é leve e faz com que não haja perigo de quebrar a formação das moléculas que têm na água. A tensão superficial da água é alta por causa da ligação de hidrogênio. Critérios 1: (0,0) 2: (0,5) (0,5) concepção alternativa 1	Porque a água é uma substância polar, logo, polaridades diferentes não se misturam ou se quer, interajam. Critérios 1: (1,0) 2: (0,0) (1,0)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)

	Isso ocorre porque a interação entre as moléculas de água na superfície é diferente das interações no interior do líquido. Trata-se da formação de uma pequena película sob um líquido devido à diferença de atrações entre as moléculas que o constituem. Esse fenômeno ocorre de maneira mais relevante nos líquidos que possuem forças intermoleculares intensas (ligação hidrogênio), como o H₂O. Critérios 1: (2,0) 2: (1,0) (3,0)	O mecânico limpa as mãos sujas de graxa não utilizando água, mas gasolina. Isso é possível porque a gasolina e a graxa são substâncias apolares (semelhantes), substâncias as quais se conectam em apolos diferentes. Critérios 1: (1,0) 2: (0,0) (1,0) Obstáculo epistemológico	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)
	As moléculas da superfície não apresentam moléculas acima delas, portanto suas ligações de hidrogênio se restringem às moléculas ao lado e abaixo. Essa desigualdade de atrações na superfície cria uma força sobre essas moléculas e provoca a contração do líquido, causando a chamada tensão superficial, que funciona como uma fina camada, película, ou como se fosse uma fina membrana elástica na superfície da água. Critérios 1: (2,0) 2: (0,0) (2,0)	A Graxa é uma molécula orgânica, essencialmente formada por hidrocarboneto, Carbono e Hidrogênio, por isso, uma molécula Apolar. Já a água, é uma molécula polar. Por isso, não é possível retirar manchas de graxa da mão somente com água, pois substâncias de polaridades diferentes não interagem Critérios 1: (1,0) 2: (0,0) (1,0) igual a resposta da Julia	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)
	Quando o inseto (que é bem levinho) pousa sobre a superfície, ele 'pisa' em cima de um grupo de moléculas que estão bem juntinhas. Elas não o deixam destruir a parede que formaram, por isso, o inseto não afunda e consegue andar por cima das moléculas. Critérios 1: (0,5) 2: (0,0) (0,5)	Solventes são substâncias capazes de diluir, dissolver ou dispersar outras. A gasolina é um solvente apolar, dissolve substâncias apolares como a graxa. Critérios 1: (0,7) 2: (0,0) (0,7)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)

	obstáculos epistemológicos substancialista e realista		
	Esse fenômeno ocorre por causa da contração do líquido devido a força de atração que atrair as moléculas para os lados. A tensão superficial da água é alta pois ela utiliza a ligação de hidrogênio que é a mais forte e muito difícil de ser rompida. Critérios 1: (0,5) 2: (1,0) (1,5) Obstáculo epistemológico	O motivo pelo qual somente a água não é capaz de remover a graxa das mãos e/ou de superfícies é porque a água é muito solúvel fazendo assim com que ela sozinha não consiga tirar a graxa que é mais densa. Critérios 1: (0,0) 2: (0,0) (0,0) Concepção alternativa: densidade	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)
	A força de atração das moléculas que estão na superfície é diferente da força de atração das moléculas que estão abaixo da superfície, isso ocorre porque as moléculas da superfície não são atraídas para cima, apenas para o lado e para baixo, causando assim a contração da água e uma tensão muito forte. Isso explica o porquê da gota ter um formato esférico e alguns insetos conseguirem pousar sobre a água. Critérios 1: (2,0) 2: (0,0) (2,0)	A água é uma substância polar, portanto ela não conseguiria dissolver uma substância apolar, como a graxa. Somente uma substância apolar seria capaz de dissolver outra substância apolar, nesse caso, a gasolina. Critérios 1: (1,0) 2: (0,0) (1,0)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)

	A tensão superficial da água é resultado das ligações de hidrogênio, que são forças intermoleculares causadas pela atração dos hidrogênios de determinadas moléculas de água (que são os polos positivos (H⁺)) com os oxigênios das moléculas vizinhas (que são os polos negativos (O⁻)). As moléculas da superfície não apresentam moléculas acima delas, portanto suas ligações de hidrogênio se restringem às moléculas ao lado e abaixo. Essa desigualdade de atrações na superfície cria uma força sobre essas moléculas e provoca a contração do líquido, causando a tensão superficial, que funciona como uma fina camada, ou como se fosse uma fina membrana elástica na superfície da água. A molécula da água tem dois átomos de hidrogênio que se ligam a um átomo de oxigênio por ligações covalentes. Devido à elevada eletronegatividade do oxigênio, este terá uma maior quantidade de carga negativa do seu lado, enquanto que o hidrogênio terá uma carga mais positiva. Como tal, provoca uma atração eletrostática entre o átomo de hidrogênio numa molécula e o átomo de oxigênio noutra. Estas ligações formadas são chamadas de pontes de hidrogênio e levam a fortes forças coesivas entre as moléculas de água e a altos valores da tensão superficial. Critérios 1: (2,0) 2: (1,0) (3,0)	Pois a Graxa é uma molécula orgânica, essencialmente formada por hidrocarboneto, Carbono e Hidrogênio, por isso, uma molécula Apolar. Já a água, é uma molécula polar. Por isso, não é possível retirar manchas de graxa da mão somente com água, pois substâncias de polaridades diferentes não interagem. Critérios 1: (1,0) 2: (0,0) (1,0) igual a resposta da Clara	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)

	A molécula de água (H₂O) apresenta hidrogênio ligado a oxigênio, fator que é um dos critérios necessários para a ocorrência de uma ligação de hidrogênio. Essa força intermolecular é muito intensa, o que faz com que haja uma forte atração entre as moléculas. A desigualdade de atrações na superfície cria uma força sobre essas moléculas e provoca a contração do líquido, causando a chamada tensão superficial, que funciona como uma fina camada, película, ou como se fosse uma fina membrana elástica na superfície da água. Critérios 1: (2,0) 2: (1,0) (3,0)	Isso é possível porque a gasolina e a graxa são substâncias apolares (semelhantes). Uma substância apolar tende a dissolver uma substância apolar Critérios 1: (1,0) 2: (0,0) (1,0)	Interações denominadas ligações de hidrogênio (2,0)

OBS: os nomes foram encobertos para fins de anonimização dos estudantes.