

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CAMPUS PONTA GROSSA**

GRAZIELE APARECIDA MOREIRA CORREA

**PROBLEMAS DE FÍSICA VOLTADOS A BIOLOGIA: UMA
CONTRIBUIÇÃO PARA A FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR
ATRAVÉS DA COMPLEXIDADE EM PROBLEMAS PROPOSTOS
PELO HALLIDAY VOLUME II**

PONTA GROSSA - PR

2021

GRAZIELE APARECIDA MOREIRA CORREA

**PROBLEMAS DE FÍSICA VOLTADOS A BIOLOGIA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA
A FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR ATRAVÉS DA COMPLEXIDADE EM
PROBLEMAS PROPOSTOS PELO HALLIDAY VOLUME II**

**PHYSICS PROBLEMS DIRECTED TO BIOLOGY: A CONTRIBUTION TO THE
INITIAL TEACHER EDUCATION THROUGH THE COMPLEXITY IN PROBLEMS
PROPOSED BY HALLIDAY VOLUME II**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ensino de Ciência e Tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia (PPGECT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin

PONTA GROSSA - PR

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa



GRAZIELE APARECIDA MOREIRA CORREA

PROBLEMAS DE FÍSICA VOLTADOS A BIOLOGIA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR ATRAVÉS DA COMPLEXIDADE EM PROBLEMAS PROPOSTOS PELO HALLIDAY VOLUME II

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ciência, Tecnologia e Ensino.

Data de aprovação: 04 de maio de 2021.

Prof. Awdry Feisser Miquelin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Michel Corci Batista, Doutorado - Universidade Federal do Paraná
Prof. André Vitor Chaves de Andrade, Doutorado – Universidade Estadual de Ponta Grossa

A minha mãe, Maria Cândida Moreira Correa
(In memoriam), mulher guerreira, meu maior
exemplo de vida. Obrigada por ter me ensinado
os bons valores, a fé em Deus e o amor para
com o próximo. Meu coração te ama a cada
batida.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora, por serem meu abrigo. Gratidão por tudo o que tenho e pelo extraordinário que fizeram em minha vida.

Ao meu companheiro de vida Andrey Gustavo Ribeiro por partilhar todos os momentos.

As minhas professoras do Ensino Médio, Patrícia Cordeiro, Márcia Santos e Eliane Jankowski por terem me dado suporte dentro da graduação, sem vocês esse sonho não seria possível.

A minha grande companheira do mestrado para vida, Cássia Barbosa, por ter cuidado de mim, me incentivado a não desistir e sonhar o meu sonho.

A Maria Eugênia Meyer Levy, meu presentinho de Deus e da Física.

Ao meu amigo Wendell Linhares, pela amizade e conselhos durante a caminhada.

A professora Dayane Rejane Andrade Maia, pela preocupação, dedicação e ensinamentos. Obrigada por acreditar em mim.

A professora Ingrid Ferrasa, por sempre me acolher, por compartilhar seus conhecimentos e me fazer crescer.

Ao meu orientador Awdry Feisser Miquelin, por ter aberto as portas para que eu fizesse parte do programa de pós-graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Sou imensamente grata pela confiança, por ter me ensinado a fazer pesquisa e acompanhado meu crescimento. Tenho uma admiração tremenda pelo seu trabalho, me motiva a ser melhor todos os dias.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa, por ter me dado a oportunidade de realizar esse curso de Pós-Graduação.

A consciência da complexidade nos faz compreender que não poderemos escapar jamais da incerteza e que jamais poderemos ter um saber total: “a totalidade é a não verdade.”
(Edgar Morin, 2009)

CORREA, Grazielle Aparecida Moreira. **Problemas de Física voltados a Biologia: uma contribuição para a formação inicial do professor através da complexidade em problemas propostos pelo Halliday volume II.** 2021. 237 pg. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

RESUMO

Esta dissertação trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória descritiva e aplicada, que tem como objetivo identificar como as relações complexas foram construídas dentro do curso de graduação em Biologia e a sua influência no processo de aprendizagem. Para tanto, se fez um aprofundamento, com base epistemológica em torno da complexidade, presente no livro texto de Física intitulado “Fundamentos de Física”, dos autores Halliday, Resnick e Walker, a fim de extrair problemas complexos que tenham relação direta com os processos biológicos aprendidos dentro da formação em Biologia, como por exemplo, a pressão sanguínea e a capilaridade. A pesquisa foi delineada em torno da complexidade e da resolução de problemas complexos, com o intuito de analisar como os problemas são caracterizados e qual a sua influência na aprendizagem dos estudantes. Após, discutiu-se os problemas complexos através da metodologia da *Grounded Theory*, com o intuito da criação de relações complexas e resolução de problemas por meio de uma sequência de aulas. Ao final identificou-se como os estudantes definiram essas relações e sua influência no processo de formação inicial do professor. O trabalho desenvolveu-se no contexto da disciplina de Projetos Interdisciplinares V, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no ano de 2020. Os dados foram coletados por meio de observações diretas, questionário, anotações escritas, gravações de vídeo e fala, e fragmentos de texto elaborados pelos próprios estudantes. A análise de dados foi realizada conforme descrição da *Grounded Theory* de Strauss e Corbin (1967). Os resultados mostraram que a construção de relações complexas e resolução destes problemas se pautam em três indicadores, pesquisa, formação de professores e valorização histórica, e que estas ações definem como as relações de aprendizagem são construídas pelos futuros professores, trazendo uma contribuição direta na teoria de resolução de problemas complexos.

Palavras-chave: Ensino de Física. Complexidade. Grounded Theory. Resolução de Problemas.

CORREA, Grazielle Aparecida Moreira. **Problems in Physics focused on Biology: a contribution to initial teacher education through the complexity of problems proposed by Halliday volume II.** 2021. 237 pg. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

ABSTRACT

This dissertation is a qualitative, exploratory, descriptive and applied research, which aims to identify how complex relationships were built within the undergraduate course in Biology and its influence on the learning process. To do so, a deepening was made, based on an epistemological basis around complexity, present in the physics textbook entitled "Fundamentals of Physics", by the authors Halliday, Resnick and Walker, in order to extract complex problems that are directly related to the biologicals learned within Biology training, such as blood pressure and capillarity. The research was designed around the complexity and the resolution of complex problems, in order to analyze how the problems are characterized and what is their influence on the students' learning. Afterwards, complex problems were discussed using the Grounded Theory methodology, with the aim of creating complex relationships and solving problems through a sequence of classes. At the end, it was identified how the students defined these relationships and their influence on the initial teacher education process. The work was developed in the context of the discipline of Interdisciplinary Projects V, from the Federal Technological University of Paraná, in the year 2020. The data were collected through direct observations, questionnaire, written notes, video and speech recordings, and fragments of text prepared by the students themselves. Data analysis was performed according to the description of the Grounded Theory by Strauss and Corbin (1967). The results showed that the construction of complex relationships and the resolution of these problems are based on three indicators, research, teacher training and historical appreciation, and that these actions define how learning relationships are built by future teachers, bringing a direct contribution to the theory to solve complex problems.

Keywords: Physics Education. Complexity. Grounded Theory. Problem Solving.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa conceitual 1: A diferença entre a abordagem a analítica e sistêmica	21
Figura 2 - Mapa conceitual II: Estratégias para a resolução de problemas	53
Figura 3 - Relações entre os processos de codificação para extrair a Grounded Theory	70
Figura 4 - Sistematização dos processos de codificação	71
Figura 5 - A1: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	108
Figura 6 - A3: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	109
Figura 7 - A4: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	110
Figura 8 - A6: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	111
Figura 9 - A9: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	112
Figura 10 - A10: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	113
Figura 11 - A12: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	114
Figura 12 - A13: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	115
Figura 13 - A15: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”	116
Figura 14 - A1: as relações complexas da covid-19	126
Figura 15 - A2: as relações complexas da covid-19	127
Figura 16 - A3: as relações complexas da covid-19	128
Figura 17 - A4: as relações complexas da covid-19	129
Figura 18 - A7: as relações complexas da covid-19	130
Figura 19 - A8: as relações complexas da covid-19	131
Figura 20- A9: as relações complexas da covid-19	132
Figura 21 - A10: as relações complexas da covid-19	133
Figura 22 - A11: as relações complexas da covid-19	134
Figura 23 - A12: as relações complexas da covid-19	135
Figura 24 - A2: relações complexas da pressão arterial	142
Figura 25 - A3: relações complexas da pressão arterial	143
Figura 26 - A4: relações complexas da pressão arterial	144
Figura 27 - A6: relações complexas da pressão arterial	145
Figura 28 - A8: relações complexas da pressão arterial	146
Figura 29 - A9: relações complexas da pressão arterial	147
Figura 30 - A11: relações complexas da pressão arterial	148
Figura 31- A12: relações complexas da pressão arterial	149
Figura 32 - A13: relações complexas da pressão arterial	150

Figura 33 - A15: relações complexas da pressão arterial	151
Figura 34 - A16: relações complexas da pressão arterial	152
Figura 35 - Mapa conceitual relações complexas da Pressão arterial	158
Figura 36 - Esquema circulação sanguínea da Girafa	171
Figura 37 - Equipe I: Problemas 2, 3 e 4 - Questão 2	173
Figura 38 - Equipe I: Problemas 2, 3 e 4 – Questão 3	174
Figura 39 - Equipe I: Problemas 2, 3 e 4 – Questão 4	175
Figura 40 - Equipe II: Problemas 4, 8 e 9 – Questão 4, 8 e 9	176
Figura 41 - Equipe III: Problemas 2, 4, e 6 – Questão 2, 4 e 6.....	177
Figura 42 - Equipe IV: Problemas 6 e 7 e 8 – Questão 6	178
Figura 43 - Equipe IV: Problemas 6 e 7 e 8 – Questão 7	179
Figura 44 -Equipe IV: Problemas 6 e 7 e 8 – Questão 8	180
Figura 45 - Mapa conceitual reformulado A5 (a)	187
Figura 46 - Mapa conceitual reformulado A5 (b)	188
Figura 47 - Mapa conceitual reformulado A5 (c)	189
Figura 48 - Mapa conceitual reformulado A6	190
Figura 49 - Mapa conceitual reformulado A7	191
Figura 50 - Mapa conceitual reformulado A8 (a)	191
Figura 51 - Mapa conceitual reformulado A8 (b)	192
Figura 52 - Mapa conceitual reformulado A8 (c)	193
Figura 53 - Mapa conceitual reformulado A10.....	194
Figura 54 - Codificação Seletiva.....	200

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferenciação de problemas mal estruturados e bem estruturados	54
Quadro 2 - Problemas Complexos retirados do livro texto Halliday, volume II	56
Quadro 3 - Codificação aberta	63
Quadro 4 - Códigos abertos	64
Quadro 5 - Formação de categorias para códigos abertos.....	64
Quadro 6 - Formação de categorias através de subcategorias.....	65
Quadro 7 - Codificação seletiva	69
Quadro 8 - Matriz Dialógica Problematizadora.....	78
Quadro 9 - Perguntas do questionário de sondagem inicial.....	84
Quadro 10 - Categorias de análise iniciais	85
Quadro 11 - Indicadores de categoria para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a primeira pergunta	85
Quadro 12 - Indicadores de categoria para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a segunda pergunta	86
Quadro 13 - Indicadores de categorias para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a terceira pergunta	86
Quadro 14 - Indicadores de categoria para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a quarta pergunta	87
Quadro 15 - Indicadores de categoria para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a quinta pergunta	88
Quadro 16 - Alunos que nunca tiveram contato com problemas complexos.....	91
Quadro 17 - Alunos que tiveram contato com problemas complexos	91
Quadro 18 - Análise das respostas dos problemas complexos pela pesquisadora...	91
Quadro 19 - Busca de fragmentos para a análise das respostas.....	94
Quadro 20 - Análise da resposta 2.....	94
Quadro 21 - Busca de fragmentos para a análise das respostas da pergunta 3.....	95
Quadro 22 - Análise das respostas dos fragmentos.....	95
Quadro 23 - Busca de fragmentos para a análise das respostas para a pergunta 4.....	96
Quadro 24 - Análise das respostas	97
Quadro 25 - Busca de fragmentos para a análise das respostas para a pergunta 5.....	98
Quadro 26 - Codificação axial para a primeira pergunta	101
Quadro 27 - Categorias emergentes	101
Quadro 28 - Codificação axial para a segunda pergunta	102
Quadro 29 - Categoria emergente.....	102
Quadro 30 - Codificação axial para a terceira pergunta	102
Quadro 31 - Categorias emergentes	103

Quadro 32 - Codificação axial para a quarta pergunta.....	104
Quadro 33 - Categorias emergentes	105
Quadro 34 - Codificação axial para a quinta pergunta	105
Quadro 35 - Categoria emergente.....	106
Quadro 36 - Indicadores de código de categorias da codificação aberta	107
Quadro 37 - Indicadores de categoria/codificação aberta	116
Quadro 38 - Codificação axial dos fragmentos e dos mapas do filme Óleo de Lorenzo	122
Quadro 39 - Categorias emergentes	123
Quadro 40 - Indicadores de categorias da Covid-19 para a codificação aberta	135
Quadro 41 - Codificação axial para a Covid-19.....	139
Quadro 42 - Categorias emergentes da codificação axial para a Covid-19	140
Quadro 43 - Indicadores de categorias na codificação aberta sobre a pressão sanguínea.....	152
Quadro 44 - Codificação axial para a Pressão Sanguínea.....	159
Quadro 45 - Categorias emergentes da codificação axial para a Pressão Sanguínea.....	160
Quadro 46 - Indicadores de categorias na codificação aberta para os problemas complexos	181
Quadro 47 - Novos indicadores da codificação aberta após a discussão dos problemas complexos	195
Quadro 48 - Codificação axial para os problemas complexos	195
Quadro 49 - Categorias emergentes da codificação axial para os problemas complexos	197
Quadro 50 - Categorias emergentes durante os processos de codificação	198

LISTA DE SIGLAS

G.T Grounded Theory

MDP Matriz Dialógica Problematizadora

PCN Parâmetros Curriculares Nacionais

PIBID Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PIBIC Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

TFD Teoria fundamentada em dados

CTS Ciência Tecnologia e Sociedade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 REFERENCIAL TEÓRICO	17
1.1.1. O PROCESSO DE FRAGMENTAÇÃO NO ENSINO	17
1.1.2 SISTEMATIZAÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS	21
1.1.3 O PENSAMENTO COMPLEXO	27
1.1.4 AS DIFICULDADES ENFRENTADAS NA COMPLEXIDADE	30
1.1.5 OS PROBLEMAS QUE LIMITAM A REFORMA DO ENSINO	35
1.1.6 AS LACUNAS DA CIÊNCIA CLÁSSICA E A COMPLEXIDADE	40
1.1.7 O ENSINO DE CIÊNCIAS E A COMPLEXIDADE	43
2 ETIMOLOGIA DA PALAVRA PROBLEMA	47
2.1 O QUE É UM PROBLEMA?	47
2.1.1 A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	47
2.1.2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS	48
2.1.3 COMO RESOLVER OS PROBLEMAS	51
3 GROUNDED THEORY	58
3.1 UM POUCO DA HISTÓRIA	58
3.1.1 PASSOS DA GROUNDED THEORY	61
3.1.2 CODIFICAÇÃO ABERTA	63
3.1.3 CODIFICAÇÃO AXIAL	65
3.1.4 O PARADIGMA	66
3.1.5 CODIFICAÇÃO SELETIVA	67
3.1.6 AMOSTRAGEM TEÓRICA	71
3.1.7 COMPARAÇÕES TEÓRICAS	72
3.1.8 MEMORANDOS E DIAGRAMAS	73
4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	75
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	75
4.1.1 MATRIZ INVESTIGATIVA	76
4.1.2 COLETA DE DADOS	79
4.1.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	81
4.1.4 LOCAL E SUJEITOS DA PESQUISA	82
4.1.5 A PRIMEIRA ETAPA DA INVESTIGAÇÃO	83
4.1.6 APLICAÇÃO DE UM QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO EM TORNO DA COMPLEXIDADE	84
4.1.7 CODIFICAÇÃO AXIAL PARA A PRIMEIRA PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	100
4.1.8 CODIFICAÇÃO AXIAL PARA A SEGUNDA PERGUNTA	102
4.1.9 CODIFICAÇÃO AXIAL PARA A TERCEIRA PERGUNTA	102
4.1.10 CODIFICAÇÃO AXIAL PARA A QUARTA PERGUNTA	104
4.1.11 CODIFICAÇÃO AXIAL PARA A QUINTA PERGUNTA	105
4.1.12 SEGUNDA ETAPA DA INVESTIGAÇÃO: DISCUSSÃO DOS CONCEITOS COMPLEXOS DO FILME ÓLEO DE LORENZO NA CODIFICAÇÃO ABERTA	107
4.1.13 CODIFICAÇÃO ABERTA DOS MAPAS CONCEITUAIS (ÓLEO DE LORENZO)	116
4.1.14 CODIFICAÇÃO AXIAL DOS MAPAS CONCEITUAIS (ÓLEO DE LORENZO)	119
4.1.15 TERCEIRA ETAPA DA INVESTIGAÇÃO: DISCUSSÃO DOS CONCEITOS COMPLEXOS DA COVID-19 DURANTE A CODIFICAÇÃO ABERTA	124
4.1.16 DISCUSSÃO DOS CONCEITOS COMPLEXOS DA COVID-19 DURANTE A CODIFICAÇÃO AXIAL	139

4.1.17 QUARTA ETAPA DA INVESTIGAÇÃO: DISCUSSÃO DOS CONCEITOS COMPLEXOS DA PRESSÃO SANGUÍNEA DURANTE A CODIFICAÇÃO ABERTA	141
4.1.18 CODIFICAÇÃO AXIAL DAS RELAÇÕES COMPLEXAS DA PRESSÃO ARTERIAL.....	159
4.1.19 QUINTA ETAPA DA INVESTIGAÇÃO: RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS DO HALLIDAY VOLUME II (ETAPA DA CODIFICAÇÃO ABERTA).....	161
4.1.20 CODIFICAÇÃO AXIAL PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.....	195
5 UMA NOVA ABORDAGEM PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS	202
5.1 OS MOMENTOS DE INTERAÇÃO NA FORMULAÇÃO DAS RELAÇÕES COMPLEXAS.....	203
5.1.1 ARTICULAÇÕES DOS PROBLEMAS COMPLEXOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO FILME ÓLEO DE LORENZO	204
5.1.2 ARTICULAÇÕES DOS PROBLEMAS COMPLEXOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS	207
5.1.3 RELAÇÕES DE COMPLEXIDADE DOS PROBLEMAS COMPLEXOS.....	210
5.1.4 CONTRIBUIÇÕES PARA A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS	213
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	217
REFERÊNCIAS	220
APÊNDICE A	226
ANEXO A	228

1 INTRODUÇÃO

Como todo jovem, me preocupava com qual caminho seguir após a conclusão do ensino médio. Minha inclinação era ser professora, mas não sabia em qual área atuar. Foi durante terceiro ano do Curso Técnico em Turismo que me identifiquei com as disciplinas de exatas, e pela Física. Daquele momento em diante, soube que poderia compreender esse mundo fantástico em que vivemos através da Física.

No início da graduação em Licenciatura em Física havia dentro de mim expectativa de aulas extraordinárias, porém, me deparei com: aulas em estilo tradicional, maçantes e repetitivas, conteúdos ensinados separados como em caixas, não existia relação direta com a realidade vivenciada pelos alunos, um curso ambíguo que cobrava e pregava, mas poucas vezes exercia uma licenciatura contextualizada e complexa. Isso me intrigava, fazendo com que surgissem questionamentos sobre a prática de ser professor.

Como futura educadora tinha a necessidade de proporcionar aos meus alunos um ensino-aprendizagem que não fosse monótono, e que os possibilitasse enxergar uma Física para além da sua matematização. Como resposta a esse sentimento de inquietação procurei fazer parte do grupo de Iniciação Científica em Física Teórica (PIBIC) e logo em seguida do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), com anseio de ali encontrar meios que tornassem a Física mais atrativa, e satisfizessem minha inquietação.

No segundo, terceiro e quarto ano tive o contato com as disciplinas de Ensino de Física II, Experimental II e Estágio Curricular Supervisionado em Ensino de Física I e II, onde pela primeira vez me deparei de fato com práticas diferenciadas de ensino que realmente me fizeram visualizar a física e suas inter-relações com outras disciplinas e com a realidade cotidiana. Essas disciplinas me proporcionaram uma visualização que até então eu não tinha dentro da graduação.

E o grande contato com o complexo se deu pela orientação de um desses professores, quando realizei um projeto de Física forense, em um Colégio de Ensino Fundamental e, fomos premiados pela Feira de Ciências da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como inovação no ensino. Que posteriormente culminaram em trabalhos de eventos na área de ensino.

A natureza dessa pesquisa de mestrado surgiu do meu anseio como pesquisadora em Ensino de Física, da necessidade de proporcionar ao estudante o conhecimento do complexo, de mostrar que os conteúdos podem ser apresentados sem estarem fragmentados e desconexos.

A constante vivência desse processo fracionado de ensino foi base para que formulasse o problema de pesquisa ao tentar ingressar no curso de Pós-Graduação. Ao ter contato com os livros que são formadores do nosso conhecimento científico geral dentro da licenciatura, que é o livro intitulado “Fundamentos de Física” dos autores Halliday, Resnick e Walker observa-se que edições trazem problemas complexos, de tal forma que existe a necessidade de os alunos conhecerem diversas áreas e acontecimentos históricos para que sejam capazes de resolver um problema complexo.

E ao comparar o livro texto “Fundamentos de Física” com o livro “Física para as Ciências Biológicas e Biomédicas” da Emico Okuno, Iberê L. Caldas e Cecil Chow, que é voltado especificamente para a graduação em Biologia, percebi que o “Halliday” possuía muito mais problemas complexos do que o mesmo, e que podiam ser abordados no processo de aprendizagem, pois existiam inúmeros problemas de ordem complexa.

Após essa constatação, iniciei uma pesquisa em torno dos livros “Fundamentos de Física”, a fim de identificar com quais áreas e acontecimentos históricos a física estaria aplicada e fazia inter-relações de problemas complexos. Durante a pesquisa, foi possível constatar que em todos os volumes e edições existiam problemas complexos. Mas, foi no segundo volume, que aborda os temas, gravitação, ondas e termodinâmica que se encontraram relações diretas com um tema central da ciência que é a Biologia, ao se analisar o capítulo de fluídos.

Como se trata de uma pesquisa extensa, onde o livro texto possui quatro volumes, partindo do primeiro que é mecânica e o último que é física moderna, resolveu-se aprofundar a pesquisa no volume II, da segunda a décima edição com o intuito de selecionar os problemas complexos de Física aplicados a Biologia. O tema de fluídos abre um caminho direto para a complexidade, ao abordar temas como a capilaridade, pressão sanguínea e vazão de líquidos que podem ser facilmente contextualizados com conceitos abordados dentro do curso de Biologia.

Dessa maneira, elaborei um quadro comparativo com exercícios de ordem complexa de física em torno da biologia, que se encontra no capítulo de resolução de problemas, presente nesta dissertação, onde vários conceitos físicos estão interligados com processos biológicos, e que na maioria das vezes, são trabalhados como se não tivessem relação, fragmentando o processo de aprendizagem e o conhecimento.

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Ponta Grossa, na disciplina de Projetos Interdisciplinares V no Ensino Superior em modo remoto, e contou com o apoio da metodologia da *Grounded Theory* para analisar os dados coletados e classificar as categorias de análise através da resolução dos problemas complexos.

Assim, o que instiga, é o potencial que os problemas, em sua forma contextualizada, têm hoje na modernidade para discutir problemas de física de maneira complexa e para provar isso remeterei a discussão em biologia. Com isso, proponho a questão central que norteará o desenvolvimento desta dissertação: Quais relações de aprendizagem podem ser construídas com estudantes de licenciatura em biologia partindo da discussão de problemas complexos de fluídos do Halliday?

Desta maneira o objetivo geral desta pesquisa será identificar como as relações complexas serão construídas dentro da graduação em biologia e qual será sua influência no processo de ensino-aprendizagem. Os específicos estipulados pela pesquisadora são: 1 – Propor a *Grounded Theory* como metodologia para análise dos problemas do Halliday; 2 – Contribuir com uma nova abordagem na teoria de resolução de problemas complexos.

A importância em desenvolver um trabalho que busca despertar nos estudantes uma percepção ampla de mundo torna-se essencial, para que os mesmos compreendessem os processos biológicos em sua totalidade, refletindo sobre diversos conteúdos, que vão desde os históricos aos geográficos, podendo assim contribuir para a metodologia de ensino que esse futuro professor poderá utilizar em suas aulas.

No que tange ao referencial teórico, a presente dissertação foi dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo trazemos a relação da complexidade, bem como a sua inter-relação com a construção do conhecimento, fazendo uma

reflexão da abordagem analítica dos saberes e a sua abordagem sistêmica. No segundo capítulo apresentaremos a técnica de resolução de problemas em ensino de Física, mostrando que um problema complexo ao ser resolvido necessita de outras abordagens, idealizações, hipóteses e contextos, para chegarmos a uma resposta concisa. No terceiro capítulo apresentamos a *Grounded Theory*, ou a Teoria fundamentada em dados, sendo está referencial teórico. No quarto capítulo utilizamos a mesma metodologia como recurso didático para responder ao problema de pesquisa, codificando todas as aulas, com o intuito de identificar indicadores de aprendizagem.

Por fim, no quinto capítulo apresentamos uma contribuição na abordagem de resolução de problemas complexos, partido dos dados coletados através da *Grounded Theory*. Utilizamos como apoio durante o processo a matriz dialógica problematizadora, a qual tem como função nortear o rumo da pesquisa, organizando o número de participantes, questões que foram trabalhadas, dados analisados e de que forma foram analisados. Finalizamos esta pesquisa com as considerações finais e as referências.

1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1.1. O Processo De Fragmentação No Ensino

Na atual conjuntura do ensino brasileiro, observa-se uma educação fragmentada e exposta em caixas totalmente separadas, dando aos educandos uma visão de pequenas frações que não possuem relação entre si. Dessa forma, surge um dos principais problemas de articulação do conhecimento, pois os conteúdos são demonstrados sem um real significado, essa falta de significância remonta a dificuldade de enxergar o complexo.

No decorrer do processo de aprendizagem, levamos muito tempo para compreender os processos de formação a que fomos submetidos ao longo da vivência escolar. Furth (1974, p. 263) ao se referir a esse processo explica que: “Compreender é muito mais do que transmitir informações externas. Compreender significa reestruturar a situação e transformar determinado problema em termos de nossa própria estrutura interna equilibrada”. Desse modo, por se tratar de um sistema de ensino, muitas vezes fracionado, torna-se difícil reestruturar e enxergar o problema em várias dimensões e sentidos.

O conhecimento apresentado aos alunos é linear, pois o mesmo logo cai em esquecimento por não ser dedicado aos alunos tempo para que o mesmo reflita sobre os conhecimentos que necessita para solidificar a ideia, e junto com as disciplinas que são oferecidas em caixinhas, torna-se mais difícil a construção do conhecimento.

Esta visão das disciplinas em caixinhas foi moldada pelo método analítico da Ciência, que resulta no sistema mecanicista que perdura por muitos séculos. Assim sendo, por consequência, influencia diretamente no processo de ensino-aprendizagem. Sobre isso, Rosnay destaca que:

[...] No decorrer dos últimos anos, descobriu-se, após avaliar as relações das disciplinas entre elas, uma abordagem chamada de “sistêmica” que permite organizar os conhecimentos de maneira diferente e compreender não mais somente pela análise, mas também pela síntese. [...] Não se trata mais unicamente do microscópio e do telescópio, mas sim do macroscópico. (ROSNAY, 2013, p. 493).

Nas palavras de Rosnay, fica evidente que essa metodologia de empilhar conhecimentos leva ao reducionismo, e estabelecer relações com o todo se torna cada vez mais difícil. A abordagem analítica conduziu uma fragmentação dos conhecimentos, e um esmigalhamento dos saberes, precisamos reconstruí-los para melhor ensinarmos.

Behrens (2013, p. 27) ao se referir o processo de conhecimento, enfatiza que “A explosão do conhecimento em todas as áreas e o bombardeamento de informações afetam profundamente as bases culturais da humanidade”. De modo que é necessário uma reflexão sobre o fazer pedagógico, para assim visualizar os conceitos de uma forma mais ampla.

De fato, pode-se dizer que ao adotarmos uma abordagem sistêmica temos a possibilidade de visualizar os conceitos como um todo, não se trata de abandonar uma abordagem em detrimento da outra, mas de complementá-las. A abordagem analítica visualiza apenas os elementos, enquanto a sistêmica se preocupa com a interação entre os mesmos, o que acarreta uma visão global dos conceitos. Assim, ao optarmos por uma abordagem enciclopédica, estamos reduzindo os saberes, e ao fazermos uso de uma abordagem sistêmica estamos

fazendo pontes de ligações com outros conteúdos. Sobre esse assunto, Rosnay enfatiza:

A abordagem analítica conduz a uma redução dos saberes a um certo número de disciplinas desconexas, isoladas uma das outras – é uma abordagem de natureza enciclopédica -, enquanto que a abordagem sistêmica concentra-se sobre a interação entre os parâmetros, entre os fenômenos. Ela considera suas dinâmicas de evolução e suas relações no tempo. Existe, pois, uma complementariedade entre as duas: a abordagem analítica permite extrair os fatos da natureza, a abordagem sistêmica favorece sua inclusão num quadro de referências mais amplo, o que permite o exercício da razão, da lógica. (ROSNAY, 2013, p. 494).

O autor nos coloca que esse conhecimento que há muito tempo foi trabalhado de forma analítica (apenas visualizando as partes) precisa ser reescrito (abordagem sistêmica) para se tornar mais amplo e ter-se uma visão complexa do todo. A abordagem sistêmica constata então, semelhanças entre disciplinas e atividades distintas, que ao não serem trabalhadas corroboram para a perpetuação do mecanicismo. Dessa maneira, é importante ressaltar, que o autor não coloca uma abordagem em detrimento da outra, mas sim como complementos uma da outra.

No âmbito das ciências, os sistemas complexos se apresentam em si como natureza. A complexidade é percebida quando tecemos uma rede possível de racionalidade por traz dessa natureza. Dessa forma compreendemos que a complexidade não é de domínio disciplinar, mas interdisciplinar, e que pouco são estudados no processo de aprendizagem. Rosnay, destaca um exemplo simples que poderia ser abordado nas aulas de biologia a fim de religar saberes:

Concentremo-nos por um momento sobre a vida, a fim de perguntarmos aos alunos: porque o sangue é vermelho? E as folhas são verdes? Um método fecundo para a religação dos saberes! Imediatamente eles citarão a hemoglobina para o sangue e a clorofila para as folhas. Mas geralmente eles não sabem que os dois pigmentos presentes num e noutro são moléculas muito próximas, ambas chamadas de porfirinas, e que levam a uma pigmentação vermelha e verde. (ROSNAY, 2013, p. 496).

Segundo o autor, esse esquema simples não é discutido em sala de aula, nem tampouco os alunos são instigados a refletir sobre o mesmo. Para Frezzatti (2003, p. 437) “o pensamento biológico não pode ser reduzido a um conjunto estreito e bem delimitado de ideias”. É preciso fazer pontes, religar

saberes e construir conhecimento fazendo a interdisciplinaridade com outras áreas de conhecimento.

No caso das moléculas de porfirinas a religação de saberes se daria com a disciplina de física e química, pois uma explica a sua formação e a outra descreve como ela adquire a cor púrpura, que comprimento de onda lhe dá a cor, e como ela absorve a energia, sem contar que dentro desse sistema ainda entra a ecologia, produtores e consumidores, uma gama infinita de conteúdos que podem ser explorados.

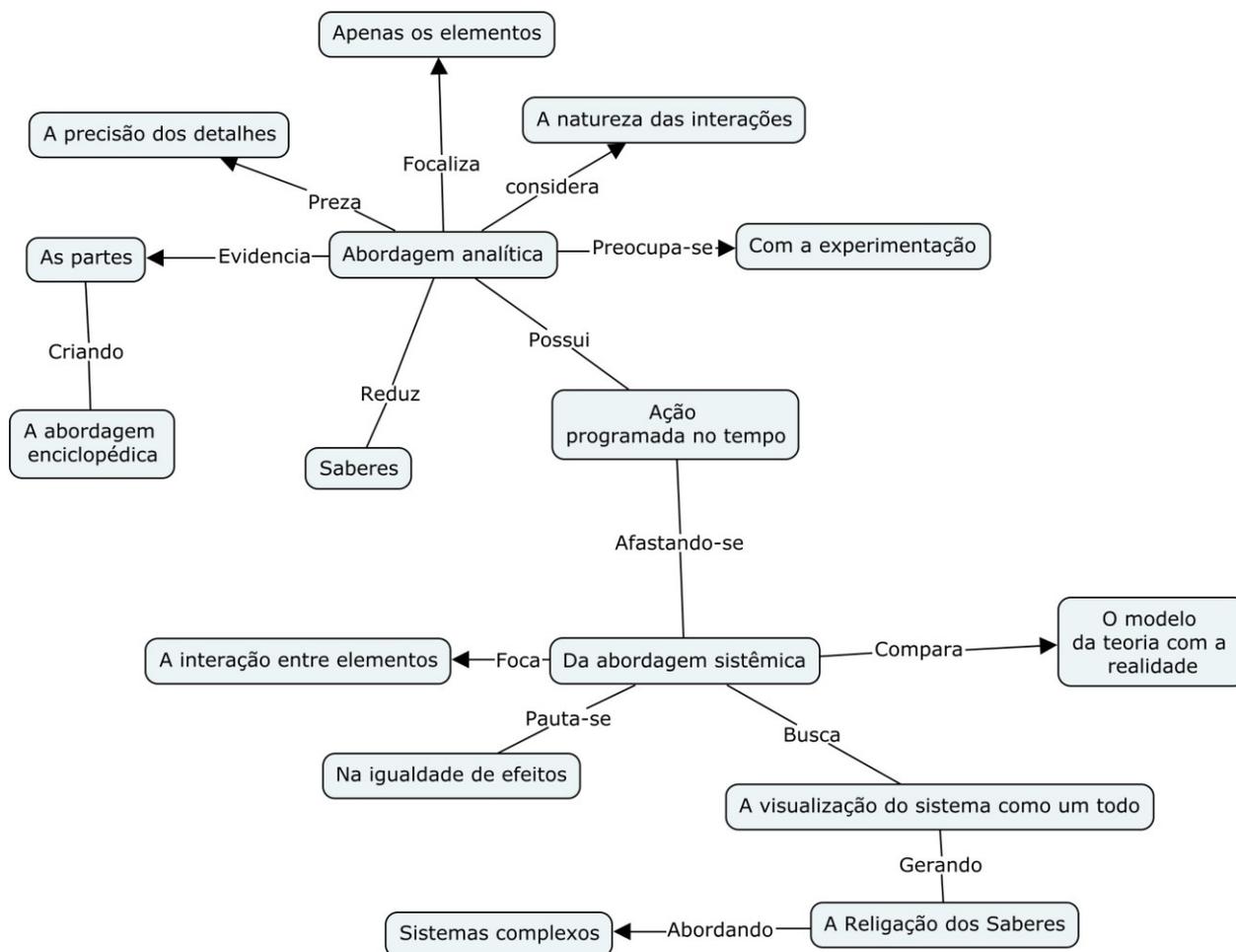
Ressaltamos que as abordagens analítica e sistêmica se complementam, pois, a primeira retira conceitos da natureza que nos permitem formular teorias e a segunda nos possibilita uma visão geral, nos indicando um caminho de ação. “Mas devemos sempre lembrar que mais do que levar à acumulação permanente de conhecimentos, a relação entre a analítica e a sistêmica deve permitir a religação dos saberes [...]”. (ROSNAY, 2013, p. 499).

Ao usarmos a junção das duas abordagens consideremos que mais do que um depósito enciclopédico de conhecimentos devemos criar meios de religar saberes colocando em prática a análise e o desenvolvimento da lógica, uma vez que isso é o cerne de um processo educativo.

Para isso devemos pensar em um sistema que abranja diversos conteúdos, mostrando que a Biologia depende de outras áreas, assim como a Física, Química e Matemática, que não são ciências isoladas, que a partir, da união dessas partes trabalhamos pela busca da totalidade de saberes, possibilitando aos estudantes a uma dimensão maior de mundo, os preparando para a vida que a cada dia torna-se mais complexa.

Para que possamos compreender melhor a diferença das abordagens analítica e sistêmica será apresentado um mapa conceitual que sistematiza essas abordagens.

Figura 1 - Mapa conceitual 1: A diferença entre a abordagem a analítica e sistêmica



Fonte: Adaptado de ROSNAY, Joël (2013, p. 494)

1.1.2 Sistematização de Sistemas Complexos

Os saberes produzidos dentro do ambiente de ensino estão se perdendo, não existe a utilização de sistemas complexos que contemplem várias áreas do conhecimento. Ao término da graduação, percebemos que ninguém nos ensinou aquilo que executamos na prática, não contamos com nenhuma orientação para transformar os conhecimentos em tese adquiridos em sistemas complexos que fossem capazes de fazer com que refletíssemos sobre a nossa prática de ensino, o sistema mecanicista presente na educação brasileira isolou os conhecimentos.

Segundo Araújo (2010, p. 96) “Esta abordagem promove princípios positivistas de que só é verdade aquilo que pode ser observado, mensurado, quantificado, controlado e reproduzido”. Behrens (2013) complementa essa visão ao dizer que esse sistema:

[...] fragmentou o saber, repartiu o todo, dividiu os cursos em disciplinas estanques, em período e em séries. Levou as universidades a se organizarem dividindo a ciência em centros, departamentos, divisões e seções. E com esse processo burocrático e robótico restringiu cada profissional a uma especialidade, impulsionando a especificidade, perdendo a consciência global, e provocando o afastamento da realidade em toda sua plenitude. (BEHRENS, 2013, p. 22).

Não somos ensinados a sermos professores, na verdade não sabemos o porquê daquilo que aprendemos, mas decidimos por nós mesmos apropriarmo-nos de práticas que reconstruam essa lacuna presente nas mais diversas áreas do conhecimento. Sobre esse assunto Le Moigne complementa:

[...] Que saberes estamos produzindo por meio da nossa ação? As enfermeiras observaram que ninguém lhes ensinou os saberes que elas utilizam. Não há médico, nem administrador hospitalar que possa lhes dar os meios para refletir sobre as suas práticas e, eventualmente, transformá-las em práticas incrivelmente complexas, que misturam a farmacologia à mais refinada psicoafetividade e que vão do acompanhamento do moribundo ao encorajamento do bebezinho. [...] Assim, pouco a pouco elas chegam a transformar seu fazer em saber, para depois fazer sabendo, e sabendo por que fazer. (LE MOIGNE, 2013, p. 540).

O autor supracitado coloca que nossas ações produzem saberes, mas que na maioria das vezes não sabemos por que aprendemos determinados conteúdos e assuntos, o que acarreta a falta de reflexão sobre a prática que exercemos. Essa falta de reflexão pode ser um dos motivos que faz com que na área de ensino os sistemas e as práticas pedagógicas se encontrem em declínio. Sobre essa falha que enfrentamos na construção do conhecimento Le Moigne reforça:

Mas, enfim, onde é que vamos parar assim? Não basta dizer que os paradigmas epistemológicos aos quais referimos nossos sistemas de ensino têm todos eles defeitos e vícios. É preciso ser capaz de propor lealmente, sem impor, outros paradigmas epistemológicos e alguns procedimentos que legitimem os conhecimentos que transmitimos – quer se trate de informática, de enfermagem, de física, de biologia, de economia etc. (LE MOIGNE, 2013, p. 542).

O autor ao referir-se a um novo paradigma de ensino para que o mesmo seja capaz de consolidar o conhecimento que é oferecido em pequenas porções, defende que ao nos depararmos com uma situação não a tomemos como pura

verdade. “Todo professor crê atualmente agir corretamente quando afirma que a dedução produz a verdade a partir da verdade” (LE MOIGNE, 2013, p. 543).

Vasconcellos retrata a dificuldade de que os novos paradigmas sejam aceitos, defendendo que já possuímos uma expectativa e um conhecimento de determinado fato, que ao nos depararmos com o “novo” criamos certa resistência e cita um exemplo sobre o mesmo.

Inicialmente, prepare o material para a experiência. Escolha alguns provérbios que possam ser facilmente divididos em duas frases. Por exemplo: “Quando um não quer/ dois não brigam”. Pense numa forma de alterar a segunda parte do provérbio, mas mantendo uma frase que faça sentido. No exemplo poderia ser: “Quando um não quer/não há casamento”. Escolhidos os provérbios e alterados suas partes, escreva cada metade de cada provérbio, em uma ficha tudo em maiúsculas, tendo um número par de participantes, cada um receberá uma ficha e andará pela sala, mostrando suas fichas aos demais, procurando ler a ficha dos outros. O objetivo de cada um será encontrar o colega, cuja ficha forme a frase de sentido completo. [...] Você provavelmente verá que aqueles que receberam a primeira parte do provérbio resistirão a aceitar a parte modificada. [...] Insistirão em procurar a frase correta, ou seja, o provérbio conhecido. Os que receberam a segunda metade do provérbio não terão expectativas, e poderão aceitar mais prontamente uma articulação com alguma outra frase. (VASCONCELLOS, 2012, p.15).

Assim sendo, através da experiência relatada por Vasconcellos (2012), podemos enxergar o quanto podemos ser influenciados por paradigmas, ou seja, a crença sobre a forma correta, no caso do exemplo, os provérbios, e não aceitamos prontamente seguir para outros caminhos para se atingir o objetivo esperado, seguindo assim uma lógica dedutiva.

Ao adotarmos um sistema de ensino pautado na lógica dedutiva, estamos reduzindo saberes e tomando como verdade um único caminho formador do espírito humano. Le Moigne (2013, p. 543) explicita que a lógica e o silogismo estão presentes na nossa cultura e em nosso ensino durante muitos séculos, pois a mesma era vista como a “arte de pensar”, então, se você não pensava ou deduzia da maneira que se era esperado pela lógica dedutiva você estava errado.

[...] “Todos os corvos são pretos. 2) Eu vi um corvo branco”. “Se vocês seguirem direitinho o curso do mestre, vão concluir que: “3) Uma das duas premissas é, portanto, falsa.” Certo. Mas se o estudante responde: “Então esse corvo branco foi tingido.” O que dizer? Que ele raciocinou mal? Quem poderá me demonstrar que a razão desse estudante funcionou mal? Ele merece um zero? Nosso contrato social,

moral, legal, pelo menos para os professores de matemática e de lógica, leva de fato a dar-lhe zero-atitude que não deixa de ser ambígua...”. (LE MOIGNE, 2013, p. 544).

Esse sistema de ensino lógico dedutivo reduz as nossas capacidades cognitivas de aprendizagem, pois ainda nos dias de hoje é usado como avaliação em determinadas áreas. Todas as informações que nos são apresentadas durante nossa formação partem de sistemas lógicos que nunca foram questionados e continuam perpassando dentro das universidades. Le Moigne (2013), ao se referir a lógica dedutiva, cita Aristóteles, que foi responsável pelo estudo formal do raciocínio, e nos coloca que os axiomas descritos por ele, regem o nosso “pensar bem”.

Na visão de Vasconcellos (2012, p. 20) “além de influir em nossas percepções, os nossos paradigmas também influenciam nossas ações: fazem-nos acreditar que o jeito como fazemos as coisas é o certo ou a única forma de fazer”. Dessa maneira, nos tornamos pouco flexíveis e resistentes a determinadas mudanças, refém de um modelo único de saberes. Morin (1990) entende os paradigmas como:

Princípios “supralógicos”, de organização do pensamento. Princípios ocultos que governam nossa visão de mundo, que controlam a lógica dos nossos discursos, que comandam nossa seleção de dados significativos e nossa recusa dos não significativos, sem que tenhamos consciência disso. (MORIN, 1990, p.36).

Entendemos que questionar um paradigma não é um processo fácil, nem tampouco simples, porém é necessário para que possamos ampliar a nossa visão de mundo como pessoas e educadores. Rifkin (1980) descreve o papel social que o paradigma tem em nossas vidas. O autor explica que:

O aspecto mais interessante da visão de mundo de uma sociedade é que os indivíduos que aderem a ela, na maior parte, são inconscientes da forma como ela afeta o seu modo de fazerem as coisas, de perceberem a realidade em torno deles. Uma visão de mundo funciona na medida em que é tão internalizada desde a infância que permanece inquestionada. (RIFKIN, 1980, p. 56).

Verificamos então, que os paradigmas da nossa cultura orientam nossas ações no futuro nas mais diversas áreas, o que por consequência gera problemas. Tomemos por exemplo o sistema de ensino evidenciado em vários

locais do mundo pautava-se no emprego da lógica dedutiva, a qual nos apresentava determinado assunto como uma verdade absoluta, a Europa especificamente a França, passou a questionar o seu modelo de educação e trouxe para dentro das escolas a retórica, essa disciplina fazia que ao ser apresentado um determinado problema fosse possível a sua argumentação. Assim, nas palavras de Le Moigne a retórica foi de fundamental importância, pois:

[...] Por que a restauração da retórica nos programas escolares é importante? Porque a maneira de legitimar um raciocínio por uma argumentação impede que se creia numa verdade eterna, absoluta, categórica, impedindo, portanto, que ela seja imposta; tornando-se impossível dizer que se você não crê, que não raciocina de maneira silogística, merece um zero ou merece ser enviado para a cadeia. (LE MOIGNE, 2013, p. 545).

Essa abertura de não existir uma única verdade, e da liberdade para que se pudessem falar sobre diversos assuntos, atentando-se para as próprias práticas e ações possibilitou a contextualização, o que Le Moigne (2013) chama de modelização sistêmica, o qual nos permite conhecer, explicar e construir modelos que observamos. Aceitamos informações que são descritas fora do seu contexto e por esse motivo muitas vezes não somos capazes de compreendê-las. “Ora, é preciso urgentemente reencontrar esse procedimento de contextualização: aprender a construir para si mesmo representações ricas daquilo que fazemos e ouvimos”. (LE MOIGNE, 2013, p. 545).

Porém, o fato de um modelo sistêmico ter muitas partes e diversas inter-relações não é a única maneira de caracterizar a complexidade dos sistemas. Segundo Simon (1990), os sistemas complexos são aqueles nos quais existe muita interdependência entre os componentes, que possuem componentes diferentes e que não são deterministas e conclui que. “A complexidade se localiza no sistema observado, mas também nos olhos do observador. Mesmo que ao nos depararmos com um sistema extremamente simples, um observador pode não ser capaz de caracterizar esse sistema como um sistema complexo”. (SIMON, 1990, p. 127).

O que nos faz refletir, que aos termos domínio apenas de partes de componentes para compor o todo, estaremos inclinados a subestimar o real potencial dos sistemas complexos, pois não teremos a possibilidade de criar

redes que possam relacioná-los. Assim, essa preocupação do pensamento sistêmico, ao abordar sistemas complexos, preocupa-se na visualização de partes que unidas são essenciais para a concretização do todo.

No que tange as metodologias de ensino, a nossa função como professores é formar cidadãos, mas encontramos um empecilho, pois o método analítico é tomado como essencial na produção do conhecimento, e é tido como primordial nas mais diversas áreas formadoras. Dessa forma, Le Moigne completa que:

[...] Pretendemos, todos nós, formar cidadãos – permitam-me a analogia: clínicos e não cirurgiões, ou seja, cidadãos que diante de certas situações, não vão tentar “reparar o órgão”, mas sim compreender o contexto e, a partir de um diagnóstico global, escolher entre os comportamentos sucessivos que eles tentarão acionar, a fim de fazer com que a situação evolua no sentido em que eles desejam. Eis aí o procedimento clássico do médico que tenha recebido um ensino adequado. [...] Vocês sabem sem dúvida, como eu, o que é ensinado aos médicos, não é de forma alguma um saber clínico, mas sim um saber de anatomista, de cirurgião. (LE MOIGNE, 2013, p. 546).

Nas palavras do autor, fica evidente que precisamos reencontrar os procedimentos de contextualização, para conseguir reproduzir as informações daquilo que ouvimos e fazemos. Como educadores, quando optamos por ensinar, devemos nos questionar sobre as medidas que tomamos, se elas são suficientes para que o estudante compreenda e se desenvolva no contexto profissional escolhido por ele.

Devemos ensinar para que o mesmo consiga desenvolver modelos sistêmicos, que levem a uma contextualização e observação ativa dos fenômenos, não apenas, transformando o conhecimento em um acumulado saberes. “Os saberes em questão estão disponíveis, acumulados ao longo de pelo menos dois mil e quinhentos anos de história humana”. (LE MOIGNE, 2013, p. 547).

No que concerne à educação, estamos pautados no positivismo, e não possuímos a visão do pensamento sistêmico, desde sempre aprendemos sem questionar e, sem se preocupar com o porquê certos fenômenos ocorrem de um jeito, e outros fenômenos não obedece, mas mesmas regras. “Devemos responsabilizar o engenheiro ou o biólogo pela aplicação dos saberes que eles aprenderam? ”. (LE MOIGNE, 2013, p. 547).

Para responder essa pergunta devemos levar em consideração que ao sermos formados, somos cidadãos onde a ação cognitiva não deve ser pautada no “eu”, dessa forma temos que questionar deliberadamente os saberes que os professores estão nos ensinando, para assim ter uma visão global do que nos é apresentado, tendo uma base sólida ao compartilharmos o conhecimento com outras pessoas, partindo desse pressuposto também somos responsáveis pela aplicação do que nos é proposto durante o processo de aprendizagem.

1.1.3 O pensamento complexo

A etimologia do termo “complexo” remonta o latim *complexus* (cercado, abrangido, compreendido) e do *plecto*, *plexus*, *plexi* (trançado, enlaçado, tecido, enroscado). No senso comum, a palavra “complexo” é entendida como difícil, incompreensível e diversos outros adjetivos que a diminuem. Atualmente encontramos definições que se aproximam mais do termo, e podemos reescrevê-la como: “o conhecimento que é tecido junto”, ou seja, que compreende diversos conteúdos e conhecimentos, “que abarca conteúdos articulantes”. “Como já pretendia Pascal, a parte permanece tão inseparável do todo quanto o todo da parte”. (ARDOINO, 2013, p. 548).

Segundo o autor, a noção do complexo começou a ganhar importância, quando se passou observar elos entre conteúdos e disciplinas que não podem ser explicados sem que o todo seja observado, não se podem construir as partes, sem que haja a interação de certos conjuntos que possuem propriedades específicas, que antes eram estudados apenas de forma unilateral. Desse modo, Ardoino explicita que:

As ações figuradas de cingir, enlaçar, envolver designam uma apreensão ampla e organizada de dados. Trata-se de uma sucessão ordenada e articulante (e nesse sentido reunidora) de elementos que, seja qual for o seu significado de origem que possa permanecer, perdem por outro lado toda possibilidade de ter acesso ao sentido de conjunto, evidentemente privilegiado, nesse caso. A compreensão, “totalização em curso”, mas ainda do que procedimento de leitura sintética, opõe-se assim a uma explicação de caráter mais analítico [...] a parte permanece tão inseparável do todo quanto o todo da parte. (ARDOINO, 2013, p. 549).

Nas palavras de Ardoino (2013), fica claro que, como professores não podemos reduzir os conteúdos, deixando-os mais simples, a complexidade faz

novas ligações e significações, pois, a partir dela é possível enxergar um sistema, ou conjunto somando as suas partes, e não apenas explorando o seu potencial analítico.

Desse modo, observa-se que a mesma busca uma totalidade, onde os elementos são apresentados como interdependentes, permitindo uma visão global dos fenômenos opondo-se a visão clássica e mecanicista que apresenta uma pauta na linearidade e na limitação.

De acordo com nosso ponto de vista, o “conjunto” deverá ainda suportar, para poder ser reconhecido como complexo a inteligência de uma pluralidade de constituintes heterogêneos, inscritos numa história, ela mesma aberta em relação às eventualidades de um devir. (ARDOINO, 2013, p. 550).

Essa heterogeneidade citada acima confere aos conjuntos uma autonomia no sentido que podem ser estudados mesmo que sejam salientadas diferenças, quer seja na sua configuração ou na sua inter-relação com outros sistemas, partindo desse ponto é que se torna possível a quebra do paradigma cartesiano. Sendo assim, falar em heterogeneidade é abranger a pluralidade, uma vez que se é possível trabalhar efeitos contrários e antagônicos sem perder a cientificidade ao trabalhar os sistemas entrelaçados. “Será assim reputado complexo aquilo que faz com que a analítica cartesiana fracasse ao tentar decompor”. (ARDOINO, 2013, p. 552).

Quando passamos a ver o complexo como um sistema de redes interligado, onde diferentes componentes passam a fazer a junção de um todo muito maior, começamos a enxergar o propósito do uso da complexidade, onde partes diversificadas se reencontram e se conciliam na formação do conhecimento e assim surge a ideia de “multirreferencialidade” ao se trabalhar com vários sistemas, para se obter um determinado resultado. Para Odum (1986), independente do ambiente em si, a natureza funciona como um sistema. A partir de então, passa-se a considerar os seres vivos como redes de interação, obedecendo a uma hierarquia, o que para Capra (1999) não existe, pois são redes, dentro de outras redes. Sobre esse termo Ardoino conclui que:

[...] Com a irredutibilidade reconhecida das óticas umas às outras, trata-se de levar em conta e iluminar a heterogeneidade. É, portanto, sobretudo uma pluralidade de olhares, tanto concorrentes quanto

eventualmente mantidos unidos por um jogo de articulações que vai especificar melhor essa abordagem. (ARDOINO, 2013, p. 554).

Nas palavras de Ardoino entende-se que a multirreferencialidade engloba diferentes sistemas, dando aos mesmos uma possibilidade de confronto, articulando situações que transformem o nosso campo de referências. Por esse motivo, essa abordagem está ligada ao pensamento complexo caracterizando-se como prática social, onde estão inseridos alunos, professores e demais membros do corpo educacional que possuem dificuldade de entender a sua prática educacional, fator responsável pela geração de lacunas e buracos que nos impossibilitam de construir o conhecimento e favorecem a linearidades dos mesmos.

Através da observação do pensamento sistêmico, tornasse possível evidenciar que os estudos sobre a educação seguem uma natureza reducionista, e o espaço onde se observa uma maior fragmentação de conteúdo é o espaço escolar, em contrapartida, é o espaço que maior oferece meios de trabalhar a complexidade, pois é onde encontramos indivíduos que apresentam todas as formas de curiosidades e dificuldades e, que podem ser exploradas para a construção do pensamento complexo. Sobre esse assunto ARDOINO (2013, p.557) explicita que:

A educação parece-nos oferecer para o pensamento complexo, um terreno de práticas e um campo teórico especialmente ricos. Quando Freud faz da educação uma tarefa impossível, ao lado da terapia e do governo dos homens, ele sublinha justamente a sua complexidade de fundo sua natureza profundamente contraditória. De certa maneira, toda odisséia educativa oscila, por razões diversas, para cada um dos parceiros que se encontra fazendo parte dela, entre o turbilhão de Carabdis e os obstáculos de Cila. O desejo de transgressão permanece aí inseparável do imperativo do respeito da lei. Nisso, a educação é sempre mestiçagem, invenção de um compromisso em favor de uma duração. (ARDOINO, 2013, p. 557).

O autor identifica o ambiente escolar como um espaço ambíguo onde, de um lado o mesma possui um caráter formador, de constituição do sujeito como pessoa e cidadão, buscando o desenvolvimento de várias aptidões e capacidades que conferem ao sujeito ser coautor da sua prática, e de outro lado, uma instituição submissa a regras, que tem uma situação social bem definida que a permite se adaptar e atingir os objetivos estabelecidos atingindo assim

seus valores sejam familiares, sociais, educacionais etc. ARDOINO (2013, p. 557) ainda complementa:

Por um lado, o aparelho escolar homogeneiza o programa, tanto quanto pode os trajetos dos alunos, tanto por razões de princípio (universalidade, igualdade) quanto por razões econômicas (custos). Os formados, objetos da formação, são assim modelizados em inúmeras trajetórias, mas os formadores devem abster-se de limitar-se a apenas essa imagem. Será preciso que eles permaneçam disponíveis para inúmeros encaminhamentos a partir dos quais, e graças aos quais, cada um dos aprendizes inventará seu próprio itinerário [...]. (ARDOINO, 2013, p. 557).

A relação trazida por Ardoino reflete a ambiguidade da escola, que por muitas vezes não identifica carências e nem particularidades dos estudantes, ao passo que traz a inter-relação de formadores e formandos que podem trabalhar juntos, de modo a atingirem o fracasso ou não. Mas como já vimos, para que o aprendiz/educando atinja seus objetivos, é necessária uma reforma de pensamentos que se dá a partir da complexidade, e nosso olhar como professor é que vai nos dizer onde nós e nossos alunos iremos chegar. “Quando se fala de aprender e ensinar, não se trata mais somente de aprender e ensinar o que foi passado. Compreende-se por isso a descoberta do futuro” (ARDOINO, 2013, p. 556).

Assim sendo, no estudo da complexidade, não existe formador e nem formandos sem que haja uma visão do complexo, é a ação concreta que vai fazer com que exista a escola desejada, uma vez que nas palavras do autor ela é desígnio de aculturação, e está enraizada na cultura. Por esse motivo, a importância da formação inicial, e formação continuada de professores respeitando a educação e cultura. Os professores podem trabalhar os saberes disciplinares e curriculares, mas também podem trazer competências éticas e políticas a fim de, iniciar seus alunos a complexidade, porém tendo a consciência que a aglutinação de saberes não leva a transdisciplinaridade homogeneizadora, mas os coloca em confronto com as suas possibilidades.

1.1.4. As dificuldades enfrentadas na complexidade

Para que possamos mergulhar fundo na teoria da complexidade, discutida pelos outros autores já citados, é preciso conhecer o berço, a origem desse campo de estudo. A teoria da complexidade, pensamento complexo ou

paradigma da complexidade é um campo muito abordado nas obras de Edgar Morin.

O termo¹ complexidade, embora estejamos no século XXI, é carregada de mal-entendidos, sendo que muitos a consideram como uma receita, e não como um real desafio, que instiga o pensamento, ou como se ele fosse a complementação de algo. “Acontece que o problema da complexidade não é o da completude, mas o da incompletude do conhecimento”. (MORIN, 2005, p. 176). O que quer dizer que a complexidade luta contra o reducionismo, contra a mutilação do pensamento, e busca uma articulação entre disciplinas despedaçadas.

Segundo Morin (2013, p. 559) a complexidade é “um problema, um desafio e não uma resposta”. Ao nos depararmos com esse termo, à primeira impressão é que se trata de algo difícil, e segundo o autor, essa visão vai servir como o “fio de Ariadne”, ou seja, ao se trabalhar um problema específico, a sua resolução pode ser descrita das mais variadas formas, utilizando um domínio lógico, até exaurir todos os meios disponíveis, assim sendo é possível assimilar séries de pistas de forma gradativa até que se atinja o final esperado, pelo qual é possível o estabelecimento de verdades simples, que o autor chama de quatro grandes meios.

- **Primeiro meio:** Princípio da ordem, e nesse sentido ela traz uma visão mais ampla, e abarca tudo o que é cíclico e constante. Dessa maneira esse princípio rege a natureza. Para que possamos entender essa analogia, Morin descreve o seguinte exemplo:

[...] Na manhã desta jornada, Lecourt nos falou de Laplace, que via o mundo como uma máquina determinista perfeita, uma máquina na qual um demônio dotado de bom senso e inteligência excepcionais poderia conhecer todos os acontecimentos do passado e prever todos os acontecimentos do futuro. Essa máquina determinista é o que era o ideal do conhecimento. E, se não era possível chegar nisso, não era devido a desordens ou eventualidades, mas sim à insuficiência de conhecimentos, ao passo que o Onisciente, o famoso demônio, seria capaz de ver a ordem perfeita da natureza. Mas ninguém jamais se perguntava o porquê dessa imagem perfeita de ordem, era na verdade, de uma extrema pobreza, posto que era a imagem da repetição, incapaz de dar conta do novo e da criação. (MORIN, 2013, p. 560).

¹ Toda vez que a pesquisadora usar o termo “Complexidade” se refere ao termo interdisciplinaridade, adotado pelo Grupo de Pesquisas em Arte, Ciência e Tecnologia, em razão do autor utilizado para exemplificar o termo que é Edgar Morin.

O que o autor nos coloca sobre o primeiro meio, é a ordem de repetição, essa linearização e esse ciclo, que ainda não foi quebrado dentro das instituições de ensino, onde na maioria das vezes o conhecimento é repetido, sem um questionamento do real motivo, ou de que forma esses fatos vieram a acontecer, nos limitando e nos dando uma visão rasa dos fenômenos.

- **Segundo Meio:** Princípio da separação, como o próprio nome já diz refere-se ao conhecimento que separa as matérias umas das outras, separando o objeto conhecido, do sujeito que vai conhecê-lo, é o que o Le Moigne, chama de conhecimentos em caixinhas, ensino enciclopédico. Esse princípio leva o que Morin chama de especialização, onde se desenvolve conhecimento apenas em áreas restritas, não se tem uma visão interdisciplinar, é como se existisse uma barreira para as novas descobertas.

- **Terceiro Meio:** Princípio da redução, o qual reduz o conhecimento de forma que nos permite conhecer apenas situações que fazem parte de um determinado conjunto, não consegue se estabelecer ligações com outros meios, apenas as partes que são componentes daquele conjunto estudado.

- **Quarto Meio:** Princípio dedutivo-indutivo-identitária, ou seja, esse princípio baseia-se no método indutivo, estabelecendo verdades absolutas, assim sendo se surgisse qualquer outra informação que iria contra o raciocínio pré-estabelecido, o mesmo era abandonado, é nesse princípio que se identifica um maior domínio da visão linear das causalidades.

Durante o avanço dos estudos científicos, esses princípios foram questionados e até mesmo discutidos, porém não houve nada que viesse a refletir a necessidade da reforma do pensamento, colocando assim dificuldades para o entendimento da complexidade. Sobre essa visão linear dos fatos, MORIN (2013, p.561) explicita:

[...] Desde meados do século XIX, a termodinâmica começou a contribuir com algo de escandaloso com relação à ordem perfeita da física clássica, porque ela não somente levava a uma ideia de irreversibilidade com relação às equações reversíveis da física, mas também a uma ideia de degradação nessa ordem maravilhosa, degradação da energia ligada ao calor, calor que era concebido por Boltzmann como agitação molecular, a partir da qual se pode evidentemente fazer cálculos estatísticos, pelo menos no interior de sistemas fechados, mas da qual não podem ser previstos os movimentos próprios a cada molécula. (MORIN, 2013, p. 561).

Pensar na física térmica do final do século XIX e início do século XX, é ter uma visão do caos, acreditava-se que existia uma desordem, e não se possibilitava uma visão de ordem.

A termodinâmica teve um avanço enorme quando conseguiu explicar que a ordem advinha da geração de energia, e que essa energia não era convertida totalmente em trabalho, parte era rejeitada. Dessa forma entende-se que para que a ordem existisse, era necessário a desordem, daí chegamos na Segunda Lei da Termodinâmica que trata do princípio irreversível, a entropia.

Segundo Capra (1997, p. 27) “Neste pensamento qualquer abalo ou modificação em qualquer uma das partes de um sistema gera a modificação do próprio sistema, do todo”. Ou seja, nessa rede quando se altera uma das partes, todo o resto também sofre influência.

O processo de entropia citado acima, que está associado a desordem do sistema, foi associado por Prigogine (1996) aos processos da vida, quando o mesmo leu o trabalho do físico alemão Erwin Schrödinger, intitulado “What is life? ”, onde ele relaciona a entropia com os organismos vivos. Para Prigogine, a entropia era vista como uma consequência irreversível ao processo da vida.

Quando ao autor, relaciona esse processo da entropia com o pensamento complexo, propõe uma nova compreensão: “O estado estacionário de não equilíbrio para o qual um sistema evolui espontaneamente pode ser um estado de maior complexidade do que o estado de equilíbrio correspondente”. (PRIGOGINE, 1996, p. 67).

A essa relação proposta, Prigogine (1996) explica que: “Proporcionou uma nova proposição de compreensão da própria vida”. A partir de então, a entropia esteve relacionada a uma visão de mundo, a partir da qual, os elementos que o compõem comportam-se de maneira integrada e relacional. Não foi somente na Física que os conceitos foram pensados de outra forma, como afirma Capra (2002) dentro da biologia houve um grande estrondo, e os conceitos passaram a ser analisados como um todo.

Não existe nenhum organismo individual que viva em isolamento. Os animais dependem da fotossíntese das plantas para ter atendidas as suas necessidades energéticas, as plantas dependem do dióxido de carbono produzido pelos animais, bem como do nitrogênio fixado pelas bactérias em suas raízes; e todos juntos, vegetais, animais e

microorganismos regulam toda a biosfera e mantêm as condições propícias à preservação da vida. Segundo a hipótese Gaia, de James Lovelock e Lynn Margulis a evolução dos primeiros organismos vivos processou-se de mãos dadas com a transformação da superfície planetária, de um ambiente inorgânico numa biosfera auto-reguladora. "Nesse sentido", escreve Harold Morowitz, a vida é uma propriedade dos planetas e não dos organismos individuais. (CAPRA, 2002, p. 14).

A esse tipo de interação, Capra (1999), chama de redes ocultas, um fenômeno que anteriormente não era observado em sua totalidade, fragmentando assim o conhecimento dos mesmos. Dessa forma, dentro das ciências em geral, houve uma desordem em relação a linearidade do conhecimento, o que culmina na desordem que foi o estopim do pensamento complexo. Sobre a desordem a que fomos submetidos depois de tantas descobertas Morin coloca que surgiram princípios de ordem, os quais:

Há uma espécie de luta entre um princípio de ordem e um princípio de desordem, mas também uma espécie de cooperação entre ambos, cooperação da qual nasce uma ideia ausente na física clássica, que é a de organização. Vemos, portanto que a desordem não roubou o lugar da ordem. O que devemos considerar é o jogo entre a ordem, a desordem e a organização. Chamo esse jogo de dialógica, pois essas noções se repelem entre elas, que são antagônicas, que são mesmo contraditórias, são necessariamente complementares para conceber nosso universo, seus fenômenos organizados e, ao mesmo tempo, seus fenômenos destruidores (explosão de estrelas, colisão de galáxias, formação de buracos negros, etc). (MORIN, 2013, p. 561).

Para que pudéssemos conhecer todas as mudanças e os avanços da física e de outras ciências, existiu um momento de evolução, e toda essa evolução passou por períodos, onde surgiram as leis, onde paradigmas foram abandonados em detrimento do surgimento de novas teorias, que foram eclodindo em novos conhecimentos que hoje explicam diversos fenômenos da história. "No fundo então a ideia de complexidade poderia resumir-se a esta ideia: como conceber a relação específica entre aquilo que é ordem, desordem e organização?". (MORIN, 2013, p. 562).

Toda essa discussão de ordem, desordem e organização, acabou culminando na ideia de que "o todo é algo mais do que a soma das partes" (Morin, 2013, p.563), essa explanação coloca em evidencia que não é possível o conhecimento do todo, sem reunir todas as partes, tendo essa visão chegamos no conceito de organização, que nos leva a sistemas, que possuem constituintes que não podem ser identificados apenas de uma óptica.

Gomes *et al.* nos ajuda a consolidar a teoria do pensamento complexo ao nos colocar a seguinte reflexão:

Ainda na década de 1920, durante a República de Weimar na Alemanha, quando a tendência intelectual era negar a fragmentação e o mecanicismo, buscando a totalidade, surge a Psicologia da Gestalt. [...] O filósofo Christian Von Ehrenfels afirma que o todo é maior do que a soma das partes, princípio este que se tornou central na Teoria Sistêmica. (GOMES *et al.*, 2014, p. 5).

Segundo Morin (2013, p. 564), nós passamos por duas grandes revoluções científicas no século XX, a primeira com a física quântica, onde a desordem e a incerteza passaram a ser meios de ligação com teorias já existentes. Essa revolução causou um estrondo na ciência, a qual gerou modificações nas epistemologias vigentes em relação à ciência. A segunda revolução científica não teve o mesmo impacto que a primeira, porém as duas explicam os dois sentidos que são atrelados à complexidade o de ser difícil e, o de ser tecido junto.

Como a complexidade reconhece a parcela inevitável de desordem e de eventualidade em todas as coisas, ela reconhece a parcela inevitável de incerteza no conhecimento. É o fim do saber absoluto e total. A complexidade repousa ao mesmo tempo sobre o caráter de “tecido” e sobre a incerteza. (MORIN, 2013, p. 564).

Morin coloca que os quatro princípios colocados no início da discussão tiverem que ser repensados, a lógica dedutiva já não se sustentava, e que para que o pensamento complexo pudesse ser utilizado religação de saberes, o ensino deve ser reformulado a fim de se obter a dialógica, pautada na ordem, desordem e organização.

1.1.5. Os problemas que limitam a reforma do ensino

O sistema de ensino das universidades tem sua metodologia pautada na criação de especialistas em determinadas disciplinas. O problema surge que ao adotarmos essa visão simplista estamos delimitando nossa visão, e não discutindo problemas com real potencial social. Segundo Behrens (1999):

Nas últimas décadas do século 20, o ensino nas instituições de educação superior tem se apresentado por uma prática pedagógica, em muitos casos, conservadora e tradicional. Na realidade, os

professores vêm sofrendo uma forte influência do paradigma newtoniano-cartesiano que caracterizou a ciência no século 19 e grande parte do século 20. Esse paradigma contaminou por muitos anos a sociedade e, em especial, a escola, em todos os níveis de ensino. O pensamento newtoniano-cartesiano propôs a fragmentação do todo e por consequência as escolas repartiram o conhecimento em áreas, as áreas em cursos, os cursos em disciplinas, as disciplinas em especificidades. A repartição foi tão contundente que levou os professores a realizarem um trabalho completamente isolado em suas salas de aula. (BEHRENS, 1999, p. 384).

Essa fragmentação do ensino acaba culminado na reprodução de conhecimentos, que se caracteriza pela fragmentação, uma vez que a prática pedagógica é centrada, no leia, escute, decore e repita. Sobre esse assunto Moraes (1997) conclui:

Embora quase todos percebam que o mundo ao redor está se transformando de forma contínua apresentando resultados cada vez mais preocupantes em todo o mundo e a grande maioria dos professores continua privilegiando a velha maneira como foram ensinados, reforçando o velho ensino, afastando o aprendiz do processo de construção do conhecimento que produz seres incompetentes, incapazes de criar, pensar, construir e reconstruir conhecimento. (MORAES, 1997, p. 16).

Essa fragmentação no ensino, leva ao esmigalhamento de disciplinas colocando o conhecimento em declínio, pois não permite a visão global, e impede a visualização de conjuntos complexos, as interações das partes com o todo, as relações multidimensionais e os problemas fundamentais. Morin discorre sobre essa especialização da seguinte forma:

De fato, a hiperespecialização impede de ver o global (que ela fragmenta em parcelas), bem como o essencial (que ela dilui). Ora, os problemas essenciais nunca são parceláveis, e os problemas globais são cada vez mais essenciais. Além disso, todos os problemas particulares só podem ser posicionados e pensados corretamente em seus contextos, e o próprio contexto desses problemas deve ser posicionado, cada vez mais, no contexto planetário. (MORIN, 2009, p. 14).

A ação de colocar as disciplinas em caixinhas isoladas, e fragmentá-las, impede a visão do complexo, de enxergar o todo, como um grande tapete, que não é possível de ser visualizado, sem a interação de todas as partes. Pensar no complexo é pensar na interação do global, que abarca vários componentes para a construção do todo, é uma visualização social, que depende de vários

fatores, e a falta de comunicação entre os mesmos reflete os desafios da complexidade. Sobre esse assunto MORIN (2009, p.15) complementa:

Efetivamente, a inteligência que só sabe separar fragmenta o complexo do mundo em pedaços separados, fraciona os problemas, unidimensionaliza o multidimensional. Atrofia as possibilidades de compreensão e reflexão, eliminando assim as oportunidades de um julgamento corretivo ou de uma visão em longo prazo. Sua insuficiência para tratar os problemas mais graves constitui um dos mais graves problemas que enfrentamos. De modo que, quanto mais os problemas se tornam multidimensionais, maior a incapacidade de pensar sua multidimensionalidade. (MORIN, 2009, p. 15).

Morin nos fala de uma inteligência que separa os conhecimentos, e quanto maior for à fragmentação dos saberes maior será a nossa incapacidade de pensar nos problemas e enxergar o contexto, acabamos por cair na cegueira, de perpetuar um ciclo de forma inconsciente e irracional. E as nossas escolas e instituições superiores acabam caindo na ignorância ao optarem pela superespecialização, uma vez que ao combaterem e corrigirem essas falhas obedecem a uma ordem natural. “Obrigam-nos a reduzir o complexo ao simples, isto é separar o que está ligado. A decompor e não a recompor, e a eliminar tudo que causa contradições em nosso entendimento”. (MORIN, 2009, p. 16).

Nesse contexto Moraes (1997) acrescenta:

A atual abordagem que analisa o mundo em partes independentes já não funciona. Por outro lado, acreditamos na necessidade de construção e reconstrução do homem e do mundo, tendo como um dos eixos fundamentais, a educação, reconhecendo a importância de diálogos que precisam ser restabelecidos, com base em um enfoque mais holístico e em um modo menos fragmentado de ver um mundo e nos posicionarmos diante dele. Já não podemos prescindir de uma visão mais ampla, global para que a mente humana funcione de modo mais harmonioso no sentido de colaborar para a construção de uma sociedade mais ordenada, justa, humana, fraterna e estável. (MORAES, 1997, p. 20).

Dessa maneira, torna-se crucial conectar as partes que foram sendo fragmentadas, repensando as práticas pedagógicas dentro dos ambientes de ensino. Capra (1996) denomina que para essa mudança, é preciso que haja uma mudança de visão de mundo, no que ele chama de “teia da vida”.

Essa condição que nos é imposta nos sistemas de ensino acaba por interferir em nosso consciente, em nossas características naturais de contextualização, pois perdemos a capacidade de integrar conjuntos, nossa

visão fica extremamente limitada e, não conseguimos enxergar relações que estão intimamente ligadas.

Outro fator que está relacionado com a limitação dos saberes é o crescimento acelerado de informações, o saber cresce de uma maneira ilimitada, que não estamos preparados para tanto conhecimento, e todas essas informações nos chegam de maneiras dispersas e fragmentadas, pois não possuímos a capacidade de englobar e contextualizar toda a informação que recebemos. MORIN (2009) destaca:

O crescimento ininterrupto de conhecimentos constrói uma gigantesca torre de Babel, que murmura linguagens discordantes. A torre nos domina porque não podemos dominar nossos conhecimentos. T.S. Eliot dizia: "Onde está o conhecimento que perdemos na informação?". O conhecimento só é conhecimento enquanto organização, relacionado com as informações e inserido no contexto destas. As informações constituem parcelas dispersas do saber. Em toda a parte, nas ciências como nas mídias, estamos afogados em informações. O especialista da disciplina mais restrita não chega sequer a tomar conhecimento das informações concernentes a sua área. Cada vez mais, a gigantesca proliferação de conhecimentos escapa do controle humano. (MORIN, 2009, p. 15).

Como já observamos o crescimento acelerado das informações só serve para explorar conteúdos técnicos, não fazendo a religação de saberes com situações do mundo e nem com os contextos relacionados com nossa condição humana. "Onde está a sabedoria, que perdemos no conhecimento? ". (MORIN, 2009, p. 17). Esse é um desafio global da complexidade, que nos mostra o quão falho nos encontramos na organização do saber e a muralha existente para que ocorra uma reforma no ensino. Sob este aspecto Morin ressalta:

Atualmente, é impossível democratizar um saber fechado e esotérico por natureza. Mas, a partir daí, não seria possível conceber uma reforma do pensamento que permita enfrentar o extraordinário desafio que nos encerra na seguinte alternativa: ou sofrer o bombardeamento de incontáveis informações que chovem sobre nós, quotidianamente, pelos jornais, rádios, televisões; ou, então, entregarmo-nos a doutrinas que só retêm das informações o que as confirma ou o que lhes é inteligível, e refugam como erro ou ilusão tudo o que as desmente ou lhes é incompreensível [...]. (MORIN, 2009, p. 20).

Na citação de Morin, podemos refletir sobre a reforma de ensino, porém antes de buscarmos um meio para reformar o mesmo, temos que reformar o pensamento. Se não ampliarmos a visão sobre o ensino, não seremos capazes

de observar a carência dos nossos pensamentos, da sociedade e da escola como um todo, vivemos em um século onde temos a necessidade de reformar a inteligência para poder assim religar os conhecimentos perdidos no ensino.

Em seu livro “A cabeça bem-feita repensar a reforma reformar o pensamento”, Morin (2009, p. 22), se vale de uma frase de Montaigne “mais vale uma cabeça bem-feita que bem cheia” para explicar o significado da reforma do ensino. Colocando-nos que a cabeça bem cheia é aquela onde os saberes foram depositados, empilhados, e onde não existe nenhuma organização que lhes dê sentido. E que a cabeça bem-feita é aquela que não se existe acúmulo de saberes, mas se desenvolvem aptidões para que os problemas sejam tratados, ligando os saberes e lhes dando sentido e trabalhando a inteligência geral, que nos possibilita tratar de problemas especiais. “A educação deve favorecer a aptidão natural da mente para colocar e resolver problemas e, correlativamente estimular o pleno emprego da inteligência geral.” (MORIN, 2009, p. 23).

Falar em pleno emprego da inteligência geral é estimular a curiosidade que temos na infância, mas que quando chegamos à vida adulta perdemos, pois caímos no ciclo das especializações, como educadores devemos buscar essa aptidão e despertar nos alunos a curiosidade perante uma situação-problema, mostrando que existe mais além da superficialidade que nos é exigida. Sobre esse assunto o autor discorre sobre os problemas matemáticos:

O ensino matemático, que compreende o cálculo, é claro, será levado aquém e além do cálculo. Deverá revelar a natureza intrinsecamente problemática das matemáticas. O cálculo é um instrumento do raciocínio matemático, que é exercido sobre o “*problem setting*” e o “*problem solving*”, em que se trata de exibir “a prudência consumada e a lógica implacável”. “No decorrer dos anos de aprendizagem seria preciso valorizar progressivamente, o diálogo entre o pensamento matemático e o desenvolvimento dos conhecimentos científicos, e, finalmente os limites da formalização e da quantificação”. (MORIN, 2009, p. 22).

Com relação ao que é discutido por Morin, O PCN- Física defende uma ligação entre observações reais de mundo e os conceitos físicos, destacando o seguinte:

Os critérios que orientam a ação pedagógica deixam, portanto, de tomar como referência primeira “o quê ensinar de Física”, passando a centrar-se sobre o “para que ensinar Física” explicitando a preocupação em atribuir ao conhecimento um significado no momento

mesmo de seu aprendizado. Quando “o quê ensinar” é definido pela lógica da Física, corre-se o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade, quase sempre supondo implicitamente que se esteja preparando o jovem para uma etapa posterior: assim, a cinemática, por exemplo, é indispensável para a compreensão da dinâmica, da mesma forma que a eletrostática o é para o eletromagnetismo. Ao contrário, quando se toma como referência o “para que” ensinar Física, supõe-se que se esteja preparando o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante. Finalidades para o conhecimento a ser apreendido em Física que não se reduzem apenas a uma dimensão pragmática, de um saber fazer imediato, mas que devem ser concebidas dentro de uma concepção humanista abrangente, tão abrangente quanto o perfil do cidadão que se quer ajudar construir. (BRASIL, 1997, p. 19).

Percebe-se que ensinar um problema que envolva física deve desenvolver no aluno um espírito problematizador, apenas resolver o cálculo por chegar em um determinado resultado fecha o conhecimento e impede a reflexão, que faz o elo de ligação entre os conhecimentos científicos.

A esse tipo de conhecimento Morin coloca que continuamos dissociando conhecimentos, isolando os objetos de seu estado natural, do seu contexto e do conjunto ao qual faz parte, dificultando assim o pensamento complexo e a quebra do paradigma cartesiano. Que só será possível se nós ampliarmos nossa visão a respeito da crise educacional que vivemos. “Uma verdadeira viagem de descobrimento, não é encontrar novas terras, mas ter um olhar novo”. (MORIN, 2009, p. 107).

1.1.6. As lacunas da ciência clássica e a complexidade

Morin, em sua obra “Ciência com consciência”, propõe que existe um abismo entre a ciência e a sua realidade científica, defendendo que para um melhor entendimento da sociedade devemos compreender as ciências naturais, fato que nos faria entender a complexidade da realidade, a união de física, química e biologia, e assim enxergar que o complexo não pode ser reduzido, mas tecido junto.

O conhecimento científico foi perpassado por séculos de maneira fragmentada obedecendo-o método analítico e o empirismo vigente na época. Com a revolução causada pela física quântica, a relatividade de Einstein, e novas confrontações da termodinâmica, começa-se uma indagação sobre o universo e ocorre uma transformação em outras áreas da ciência, como a química, a

biologia e a própria filosofia, que a passaram a ser compreendidas como partes de uma óptica muito maior. Sobre esse aspecto Morin discorre sobre a nova revolução científica:

O conhecimento científico está em renovação desde o começo deste século. Podemos até perguntar-nos se as grandes transformações que afetaram as ciências físicas — da microfísica à astrofísica —, as ciências biológicas — da genética e da biologia molecular à etologia —, a antropologia (a perda do privilégio heliocêntrico no qual a racionalidade ocidental se via como juiz e medida de toda a cultura e civilização) não preparam uma transformação no próprio modo de pensar o real. Podemos perguntar, em suma, se em todos os horizontes científicos não se elabora, de modo ainda disperso, confuso, incoerente, embrionário, o que Kuhn denomina revolução científica, a qual, quando é exemplar e fundamental, arrasta uma mudança de paradigmas (isto é, dos princípios de associação/exclusão fundamentais que comandam todo pensamento e toda teoria) e, por isso, uma mudança na própria visão do mundo. (MORIN, 2005, p. 26).

O termo paradigma ficou conhecido quando Thomas Khun em seu livro *“A estrutura das revoluções científicas”*, o definiu como: “Paradigma é uma constelação de crenças, valores e técnicas partilhadas pelos membros de uma comunidade científica e utilizadas por essa comunidade para definir problemas e soluções legítimos”. (KHUN, 1998, p. 218).

Depois da publicação de Khun, o termo foi utilizado pelas mais diversas áreas dentro da ciência naturais e sociais. No decorrer do livro Khun descreve uma experiência de percepção feita com cartas de baralho, que se torna relevante para que possamos compreender como ocorre o processo da de enxergar aquilo que está fora do que consideramos nosso paradigma, aquilo em que acreditamos ser a nossa verdade. Vasconcellos descreve a experiência da seguinte maneira:

Para a experiência, utilizam-se algumas cartas normais de baralho, que são intercaladas com outras que sofrem alterações, por exemplo: um seis de copas, porém com figuras pretas, ou um nove de espadas, porém com as figuras vermelhas. Passa-se a sequência de cartas rapidamente (dois segundos para cada carta), pedindo-se que as pessoas identifiquem as cartas apresentadas. Passa-se uma segunda vez, com um tempo de exposição um pouco maior (quatro segundos para cada carta.) E ainda uma terceira vez, com um tempo ainda maior (dezesesseis segundos para cada carta). A maioria das pessoas não percebe as alterações, ou não vê as exceções, e identifica as cartas como normais. (VASCONCELLOS, 2012, p. 31).

Utilizamos essa experiência, para exemplificar o quão difícil é abandonar aquilo que acreditamos ser a nossa única verdade, tentamos adapta-la de modo que se assemelhe ao paradigma que conhecemos. A nova revolução científica descrita por Morin (2005) defende uma visão de mundo abrangente, e isso ocorre através de vivências e experiências que venham nos colocar frente a frente com o paradigma atual, fazendo com que possamos enxergar além da simplificação do modelo clássico de ciência. Sob o modelo clássico de ciência, Morin (2005, p. 28) completa:

A simplificação aplicava-se a esses fenômenos por separação e redução. A primeira isola os objetos não só uns dos outros, mas também do seu ambiente e do seu observador. É no mesmo movimento que o pensamento separatista isola as disciplinas umas das outras e insulariza a ciência na sociedade. A redução unifica aquilo que é diverso ou múltiplo, quer àquilo que é elementar, quer àquilo que é quantificável. Assim, o pensamento redutor atribui a "verdadeira" realidade não às totalidades, mas aos elementos; não às qualidades, mas às medidas; não aos seres e aos entes, mas aos enunciados formalizáveis e matematizáveis. (MORIN, 2005, p. 28).

Dessa maneira essa simplificação, fazia com que o pesquisador separasse o "objeto" do "conhecimento", e assim reduzia sua visão, uma vez que trabalhava com parcelas unitárias. Da mesma forma acontece com as disciplinas, separamos fragmentos e não observamos o todo, limitando o nosso campo de visão. Em relação à simplificação que ocorreu na ciência Morin (2005, p. 30) conclui:

Assim, comandado por separação e redução, o pensamento simplificador não pode escapar à alternativa mutilante quando considera a relação entre física e biologia, biologia e antropologia: ou bem separa, e foi o caso do "vitalismo", que se recusava a considerar a organização físico-química do ser vivo, como é o caso do antropologismo, que se recusa a considerar a natureza biológica do homem; ou bem reduz a complexidade viva à simplicidade das interações físico-químicas, como é o caso das visões que fazem obedecer tudo quanto é humano à simples hereditariedade genética ou assimilam as sociedades humanas a organismos vivos. (MORIN, 2005, p. 30).

Com isso, fica claro que a complexidade defende a união e a interação entre as disciplinas, quer sejam da área das ciências, ou das áreas sociais, não se baseia em uma única fórmula, mas nos lança uma reflexão sobre o

universo e as suas interações, nos apresentando assim uma nova visão de como ensinar ciências, ampliando a visão e não obedecendo crenças e silogismos.

1.1.7 O Ensino De Ciências e a Complexidade

A ciência em certo ponto avançou, mas a visão que temos da mesma, em sala de aula, é aquela ensinada há séculos atrás. A física, infelizmente em raras exceções chega à física quântica, a química se reduz ao estudo do átomo, a biologia não é explorada em seu sentido mais amplo. Aquilo que aprendemos continua sendo o ensino enciclopédico explicitado por Rosnay (2013) outro subtítulo dessa dissertação é o método analítico permeia todo o processo de ensino.

A essa educação chamamos de educação clássica ou tradicional, onde o ensino é acumulado ou depositado e não existe nenhuma reflexão sobre as ações realizadas, tudo é explorado sem que exista a religação de conhecimentos. Petraglia elucida:

O currículo escolar é mínimo e fragmentado. Na maioria das vezes, peca tanto quantitativa como qualitativamente. Não oferece, através de suas disciplinas, a visão do todo, do curso e do conhecimento uno, nem favorece a comunicação e o diálogo entre os saberes; dito de outra forma, as disciplinas com seus programas e conteúdos não se integram ou complementam, dificultando a perspectiva de conjunto e de globalização, que favorece a aprendizagem. (PETRAGLIA, 2001, p. 69).

Pode-se concluir com a citação da autora, que dentro do processo educacional estamos repetindo e perpetuando o conhecimento em caixinhas isoladas. “O conhecimento do mundo, feito de forma abstrata, por meio de discursos teóricos e fórmulas matemáticas, sem envolver a participação afetiva do aluno, leva-o a uma indiferença em relação à natureza”. (GONÇALVES, 1997, p. 35). Essa indiferença despertada nos educandos corrobora para a sua formação em todos os estágios sociais, uma vez o mesmo não desenvolve uma visão global dos fatos, e se restringe o conhecer uma parcela dos fatos.

Essa fragmentação defendida pelos autores e por Morin (2005) dificulta a religação de saberes, ou seja, a ligação com outras áreas, fazendo com que o educando seja prejudicado, uma vez que seu processo de aprendizagem não se edifica. Por isso, o entendimento do complexo é importante no processo de

ensino para que exista a visualização das partes e do todo, em um único processo gerador de conhecimento. Sobre esse entendimento da complexidade, onde devemos buscar um meio de buscar religar o conhecimento.

Acontece que o problema da complexidade não é o da completude, mas o da incompletude do conhecimento. Num sentido, o pensamento complexo tenta dar conta daquilo que os tipos de pensamentos mutilantes se desfazem, excluindo o que eu chamo de simplificadores e por isso ele luta, não contra a incompletude, mas contra a mutilação. Por exemplo, se tentamos pensar no fato de que somos seres ao mesmo tempo físicos, biológicos, sociais, culturais, psíquicos e espirituais, é evidente que a complexidade é aquilo que tenta conceber a articulação, a identidade e a diferença de todos esses aspectos, enquanto o pensamento simplificante separa esses diferentes aspectos, ou unifica-os por uma redução mutilante. Portanto, nesse sentido, é evidente que a ambição da complexidade é prestar contas das articulações despedaçadas pelos cortes entre disciplinas, entre categorias cognitivas e entre tipos de conhecimento. De fato, a aspiração à complexidade tende para o conhecimento multidimensional. Ela não quer dar todas as informações sobre um fenômeno estudado, mas respeitar suas diversas dimensões: assim como acabei de dizer, não devemos esquecer que o homem é um ser biológico-sociocultural, e que os fenômenos sociais são, ao mesmo tempo, econômicos, culturais, psicológicos etc. Dito isto, ao aspirar a multidimensionalidade, o pensamento complexo comporta em seu interior um princípio de incompletude e de incerteza. (MORIN, 2005, p.177).

Ao nos depararmos com esse pensamento de Morin, podemos complementar o significado da complexidade, que se baseia na premissa de articulação de saberes disciplinares, onde a mesma luta contra a mutilação, ou seja, sobre a redução, e a simplificação de conceitos, que muitas vezes no âmbito das ciências são matematizados. Trazendo ainda a multidimensionalidade e a incerteza, pois ao tratarmos de fenômenos complexos, o observamos em várias categorias e não nos concentramos em uma única certeza.

Sabemos que nos dias atuais, o sistema de ensino precisa unificar os conhecimentos trazendo a contextualização e possibilidade de se ultrapassar as barreiras que fracionam os saberes. Lück (1995, p. 64) defende um ensino integrado, onde as disciplinas dão suporte uma para outra, onde os alunos “possam exercer criticamente a cidadania e diante uma visão global de mundo e serem capazes enfrentar os problemas complexos, amplos e globais da realidade atual”.

Em seu livro, “Os sete saberes necessários à educação do futuro”, Morin (2000) coloca que nós somos seres com características intrínsecas de contextualização, que desde o nosso nascimento temos a curiosidade nata, porém com a hiperespecialização (especialização em um único conhecimento), vamos perdendo essa característica, e não conseguimos agrupar as informações em um conjunto. Religar os saberes perdidos em nosso sistema de ensino seria o caminho para que pudéssemos trabalhar a complexidade. Nas palavras de Morin:

É necessário desenvolver a aptidão natural do espírito humano para situar todas essas informações em um contexto e um conjunto. É preciso ensinar os métodos que permitam estabelecer as relações mútuas e as influências recíprocas entre as partes e o todo em um mundo complexo. (MORIN, 2000, p. 14).

A fragmentação de disciplinas do nosso ambiente de ensino impede a articulação das partes com o todo, e deve ser substituída por um modelo que contemple a complexidade, e a elaboração de conjuntos. “O desafio da complexidade nos faz renunciar para sempre ao mito da elucidação total do universo, mas nos encoraja a prosseguir na aventura do conhecimento que é o diálogo com o universo”. (MORIN, 2005, p. 191).

A educação tem um papel importante na aplicação do pensamento complexo, é a partir dela que podemos religar os saberes que o autor tanto defende, lutar contra os simplificadores do pensamento complexo que o tornam incompleto.

Ora, o problema da complexidade não é o de estar completo, mas sim do incompleto do conhecimento. Num sentido, o pensamento complexo tenta ter em linha de conta aquilo de que se desembaraçam, excluindo, os tipos mutiladores de pensamento a que chamo simplificadores e, portanto, ela luta não contra o incompleto, mas sim contra a mutilação. Assim, por exemplo, se tentarmos pensar o fato de que somos seres simultaneamente físicos, biológicos, sociais, culturais, psíquicos e espirituais, é evidente que a complexidade reside no fato de se tentar conceber a articulação, a identidade e a diferença entre todos estes aspectos, enquanto o pensamento simplificador ou separa estes diferentes aspectos ou os unifica através de uma redução mutiladora. Portanto, nesse sentido, é evidente que a ambição da complexidade é relatar articulações que são destruídas pelos cortes entre disciplinas, entre categorias cognitivas e entre tipos de conhecimento. De fato, a aspiração à complexidade tende para o conhecimento multidimensional. Não se trata de dar todas as informações sobre um fenômeno estudado, mas de respeitar as suas diversas dimensões [...]. (MORIN, 2005, p. 138).

O autor esclarece que o objetivo do pensamento complexo, é articular os saberes disciplinares, para que o todo possa ser compreendido e reforça o seu pensamento sobre a educação do futuro.

Disso decorre que, para a educação do futuro, é necessário promover grande remembramento dos conhecimentos oriundos das ciências naturais, a fim de situar a condição humana no mundo, dos conhecimentos derivados das ciências humanas para colocar em evidência a multidimensionalidade e a complexidade humanas, bem como integrar (na educação do futuro) a contribuição inestimável das humanidades, não somente a filosofia e a história, mas também a literatura, a poesia, e a arte [...]. (MORIN, 2000, p. 48).

O pensamento de Morin (2000) defende que as ciências devem ser integradas de modo que possamos uni-las e compreender as interações que fazem entre si. No caso desta pesquisa de dissertação, mesmo a Física sendo coirmã da Biologia, como ciência natural, em vários momentos propícios, as duas são estudadas como se não tivessem relação.

A física aplicada aos seres vivos é uma importante aliada em vários ramos, como, por exemplo, a medicina, a biomedicina, a fisioterapia, a educação física, a biomecânica, microbiologia, entre outras. Todas essas ramificações possuem como centro conceitual a biologia, mas acabam caindo em conceitos físicos que poderiam ser mais bem explorados e tecidos juntos para a integração do conhecimento. "Uma ciência empírica privada de reflexão e uma filosofia puramente especulativa são insuficientes, consciência sem ciência e ciência sem consciência são radicalmente mutiladas e mutilantes". (MORIN, 2005, p. 11).

O capítulo a ser apresentado a seguir refere-se à resolução de problemas, prática essencial dentro da ciência. O mesmo traz a classificação de problemas, os separando em problemas mal estruturados (complexos) e bem estruturados (lineares), o que contribuí de forma direta para esta pesquisa, uma vez que a mesma se baseia na resolução de problemas complexos.

2 ETIMOLOGIA DA PALAVRA PROBLEMA

2.1 O QUE É UM PROBLEMA?

Sob a óptica de resolução de problemas, para que a aprendizagem se torne significativa, faz-se necessário que o aluno construa o conhecimento a partir da solução do problema, não se restringindo apenas na sua resolução, mas qual a sua finalidade? Quais são os objetivos? Qual a interação do mesmo com outros sistemas? Mas para alcancemos esse objetivo, precisamos compreender alguns significados.

Segundo Jonassen (2011, p. 31) “A palavra ‘problema’ deriva do grego *problēma*, que significa obstáculo”. Mas no sentido trazido pelo autor a palavra tem o sentido de incerteza, ou seja, aquilo que deve ser resolvido, e examinado. E coloca que para que um problema exista, deve existir a necessidade de resolvê-lo, senão o mesmo perde seu significado. Arlin (1989) coloca que os problemas se tornam problemas quando há uma necessidade sentida ou dificuldades que impulsionam a pessoa em direção à resolução.

Dessa forma, se não sentimos que devemos responder determinada pergunta, eliminamos o problema, e isso nos leva para dentro das escolas, onde os problemas reais são eliminados porque os alunos não percebem a sua importância. O problema pode ter muitos sentidos, mas para essa dissertação utilizaremos a conotação do autor que o considera como uma atividade cognitiva, uma vez que envolve muito mais do que ação, mas emoções daqueles que estão envolvidos.

2.1.1 A Resolução De Problemas

Segundo Derik Hodson (2009) documentos referentes ao ensino de ciências, apontam que o ensino deveria ser baseado no raciocínio de modelos, onde o sujeito investigaria e desenvolveria argumentos científicos para um melhor desenvolvimento de conceitos. Assim, o ensino de ciências se preocuparia em preparar os problemas e a resolvê-los. Porém o que ocorre no sistema de ensino é que muitas vezes esses problemas não são elaborados, e os estudantes os memorizam, e não os compreendem.

A apresentação do conteúdo de forma desconexa e separada, leva aos alunos ao questionamento da importância de estarem aprendendo determinado assunto, os mesmos não enxergam o sentido do problema que o cerca.

Resolver problemas é uma das ações mais significativas da vida, pois diariamente resolvemos diversos problemas de forma inconsciente e sem fazer nenhuma relação cognitiva com a realidade vivida. Segundo Davidson *et al.* (1994, p. 38), “os problemas consistem em dados (os elementos, relações e condições que definem o estado inicial), o objetivo (solução desejada) e os obstáculos (características do solucionador de problemas ou da situação do problema) ”.

2.1.2 Aprendizagem Baseada Em Problemas

A aprendizagem baseada em problemas, também expressa como PBL, do inglês (Problem-Based Learning ou Project-Based Learning) ou no português apresentada como ABP, é um método pedagógico inovador que facilita a resolução de problemas e auxilia no desenvolvimento de habilidades cognitivas.

De acordo com Jonassen (2002), a PBL, foi inicialmente desenvolvida na educação médica na década de 1950, uma vez que os alunos apresentavam um insatisfatório desempenho clínico, o que levou a uma fragmentação da ciência e da saúde. Após a implementação desta referida técnica, a mesma foi se expandindo até chegar à área educacional.

A PBL preocupa-se com a aprendizagem que ocorre no dia-a-dia, e traz que “ao resolver os vários problemas que enfrentamos todos os dias, aprendemos” (BARROWS; TAMBLYN, 1980, p. 10). Dessa maneira, entendemos que estamos em constante aprendizagem, pois nos deparamos todos os dias com os mais diversos tipos de problemas, e damos as mesmas variadas soluções.

Dessa maneira a PBL é centrada no problema, a aprendizagem se inicia no início da resolução do problema, e não ao contrário de como ocorre na educação formal, onde os alunos primeiramente devem dominar os conteúdos para depois aplicar os conhecimentos no problema.

A mesma se baseia em ideias construtivistas elencadas da seguinte maneira por Jonassen:

- O conhecimento faz parte de um contexto relevante;
- O conhecimento é construído de forma individual e socialmente reconstruído a partir de interações com o ambiente;
- Significado e pensamento são distribuídos entre a cultura e comunidade em que nós existimos e as ferramentas que usamos. (JONASSEN, 2010, p. 488).

Reforçamos que está aprendizagem se torna mais eficaz quando abarcada por um contexto real, que faz parte do cotidiano.

Na vida cotidiana e profissional as pessoas resolvem continuamente problemas mal estruturados, aqueles que têm objetivos múltiplos ou desconhecidos, métodos de solução, e os critérios para resolver problemas. Os alunos dão significado aos problemas a partir das interações e contextos em que eles estão trabalhando ou a aprendizagem (ideias abstraídas de contextos e apresentadas como teorias), o conhecimento que está ancorado em especificações, ou seja, os contextos do cotidiano são mais significativos, mais integrados, melhor mantidos, e mais transferíveis. Uma das razões para este fenômeno é a ontologia que os alunos usam para representar a sua compreensão. (JONASSEN, 2010, p. 489).

Dessa forma, a citação do autor supracitado nos coloca essa aprendizagem como sendo uma metodologia instrucional, cujo objetivo pauta-se na melhoria da aprendizagem, uma vez que os alunos são instigados a resolverem problemas. Nesse contexto, Levin (2001), coloca que a PBL, é um meio de amparar o educando no reforço do conteúdo teórico, uma vez que fortalece a sua capacidade de resolver problemas e construir a aprendizagem. Jonassen (2010) elenca as características mais marcantes dessa metodologia instrucional que são:

- O problema é focado, de tal forma que os alunos aprendem abordando simulações de um problema autêntico e mal estruturado;
- As habilidades e conteúdo são desenvolvidos em torno dos problemas, e não como uma lista hierárquica de tópicos, de modo que existe uma relação recíproca entre o conhecimento e o problema;
- A construção do conhecimento é estimulada pelo problema e aplicado em torno do mesmo;
- É centrada no aluno, porque faculdade não pode ditar a aprendizagem;
- É autodirigida, podendo os alunos individualmente ou em grupos, assumirem a responsabilidade para a geração de problemas e processos por meio da auto avaliação, para acessarem seus próprios materiais de aprendizagem;
- É auto reflexivo, os alunos monitoram sua compreensão e aprendem a ajustar as estratégias de aprendizagem. (JONASSEN, 2010, p. 489).

Bridges (1992) corrobora com as ideias de Jonassen (2010), uma vez que explicita a PBL como tendo:

- 1) O ponto de partida para a aprendizagem é um problema (isto é, um estímulo para o qual um indivíduo não tenha uma resposta imediata);
- 2) O problema deve permitir que os alunos estejam aptos a enfrentar o mercado como futuros profissionais;
- 3) O conhecimento que os alunos devem adquirir durante a sua formação profissional é organizada em torno de problemas em vez de disciplinas;
- 4) Estudantes, individualmente ou coletivamente, assumem uma importante responsabilidade pelas suas próprias instruções e aprendizagens;
- 5) A maior parte do aprendizado ocorre dentro do contexto de pequenos grupos em vez de exposições. (BRIDGES, 1992, p. 6).

Jonassen (2010) complementa essas características trazendo as etapas desenvolvidas durante o processo de aprendizagem que são expressas da seguinte maneira:

- **Primeira etapa:** Os alunos em grupo fazem ligação da situação real com o problema, definem aquilo que já sabem, em que hipóteses ou conjecturas podem pensar, para amarrar o problema e compreender as suas dimensões;
- **Segunda etapa:** durante o estudo dirigido, cada aluno completa as suas tarefas, estudam os recursos e preparam os relatórios para a discussão em grupo;
- **Terceira etapa:** Os alunos compartilham seu aprendizado com o grupo, e discutem o problema, gerando hipóteses adicionais e rejeitam outras, de acordo com a sua aprendizagem;
- **Quarta etapa:** No final do período determinado (normalmente uma semana) os alunos concluem e entregam aquilo que aprenderam;

Na descrição dessas etapas, percebe-se novamente que a PBL, utiliza problemas, cujas discussões em grupos promovem para os educandos habilidades de raciocínio uma vez que aprendem com situações reais. É um ciclo de aprendizagem que se inicia em grupo. De acordo com Pozo (2002), realizar tarefas onde os alunos cooperam de forma mútua, oferece melhores resultados, quando comparado a alunos que trabalham de forma individual. Podemos descrevê-la como:

Trata-se de uma metodologia que visa atender não apenas às necessidades dos discentes, mas também dos docentes e da sociedade. Dos discentes, pois o método permite que os alunos resolvam problemas relacionados às suas futuras profissões e os estimulam a pesquisar tornando-os capazes de aprender a aprender, serem críticos e tomarem decisões. Dos docentes porque os estimulam a pesquisarem e buscarem a interdisciplinaridade, fazendo conexão daquilo que estão ensinando com uma gama de informações necessárias aos futuros profissionais. (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014, p. 273).

Assim sendo, ao utilizarmos a PBL, colocamos o educando frente a uma situação-problema, e o mesmo passa a interagir com a realidade, estabelecendo meios de comunicação e interação que são responsáveis pela aprendizagem. Os docentes também são impactados uma vez que ao utilizar a técnica de problemas como metodologia necessita fazer relações complexas para a abordagem dos mesmos. Segundo Brochovicus e Tortella (2014), a PBL não é um método que possa ser usado de forma isolada nas disciplinas, pois se encontra ancorado nos fundamentos do processo de aprendizagem, e isso implica englobar todo o processo educacional.

2.1.3 Como Resolver os Problemas

A ação de resolver problemas configura-se como um resultado de aprendizagem fundamental para a vida, pois resolvemos problemas todos os dias, sejam problemas do nosso cotidiano, sejam problemas de ordem profissional. Gagné (1968, p. 85), defendia que "o ponto central da educação é ensinar as pessoas a pensar, a usar seus poderes racionais, a se tornarem melhores solucionadores de problemas". A resolução de problemas atua como um meio facilitador de aprendizagem, e é de fundamental importância que saibamos como resolver esses problemas. Infelizmente, em nosso sistema de ensino, os educandos dificilmente são colocados à frente de problemas de ordem complexa, ou seja, que tenham um significado real.

Para Jonassen (2000, p. 64), "os poucos problemas que os alunos encontram são normalmente problemas bem estruturados (de história), que são inconsistentes com a natureza dos problemas que eles precisam aprender a resolver em suas vidas cotidianas".

Dessa forma, os educandos raramente são formados de forma adequada para resolver problemas dentro do seu contexto social, e isso acaba

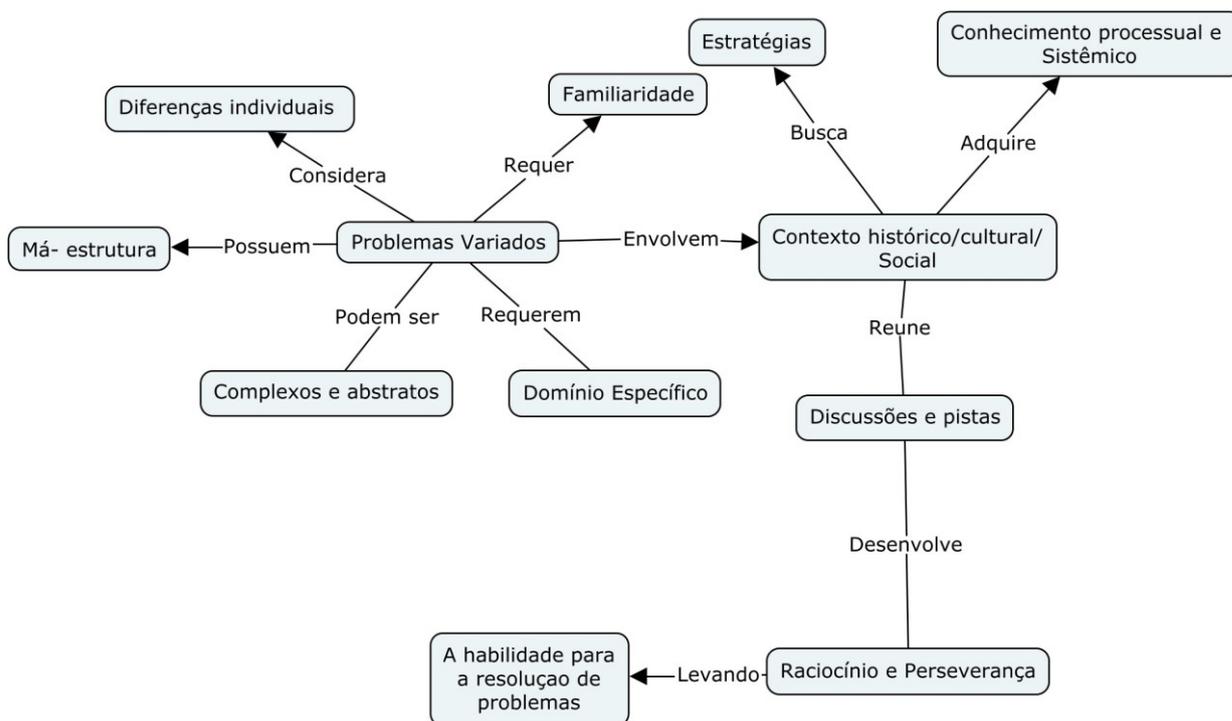
por fragmentar o conhecimento que os mesmos teriam que ter se apropriado durante o processo educacional.

Jonassen (1997) descreve a técnica de resolução de problemas, e os separa em dois nichos, os problemas bem estruturados e os mal estruturados. Os problemas bem estruturados, ou bem definidos, são aqueles que são lineares, e apresentam um caminho simples para a sua resolução. Os problemas mal estruturados, ou mal definidos são aqueles que se apresentam de forma complexa, ou seja, existe mais de um caminho para seja possível a sua resolução. De acordo com Gick (1986):

Os problemas não são equivalentes, em conteúdo, forma ou processo. As concepções teóricas do esquema de solução de problemas abriram as portas para diferentes tipos de problemas, argumentando que a habilidade de solução de problemas depende de um esquema para resolver tipos específicos de problemas. Se o aluno possuir um esquema completo para qualquer tipo de problema, a construção da representação do problema envolve o mapeamento de um esquema de problema existente para um problema e o uso do procedimento que faz parte do esquema do problema para resolvê-lo. Os esquemas de problemas existentes são o resultado de experiências anteriores na solução de tipos específicos de problemas, permitindo que os alunos prossigam diretamente para a implementação da solução de problemas. (GICK, 1986, p. 18).

Dessa forma, entendemos que os problemas se apresentam de formas variadas, e cada estudante possui inconscientemente um *insight* para cada problema característico, assim sendo uma das principais características da PBL, é o trabalho em grupo, pois ao mapear um problema, cada um vai desenvolver um raciocínio específico, que juntos permitem se alcançar o cerne do problema e resolvê-lo. Assim, se um problema for facilmente mapeado e reconhecido, não será necessária muita pesquisa em torno do mesmo, se o educando não tiver muito contato com o problema e não conseguir mapeá-lo existe estratégias gerais de solução de problemas definidas por Jonassen (2000, p. 64) as quais são:

Figura 2 - Mapa conceitual II: Estratégias para a resolução de problemas



Fonte: Adaptado de Jonassan, D., H. (2000, p. 66)

O mapa conceitual nos coloca que o problema é apresentado ao solucionador, e que uma série de diferenças individuais media todo o processo de aprendizagem. Sobre esses processos Jonassen (2000) especifica cada um dentro da teoria de resolução de problemas, sendo assim:

Problemas variados: De acordo com o autor, os problemas são variados, e suas diferenças concentram-se no processo cognitivo de articulação, como mencionado no mapa, os mesmos variam em abstração, complexidade e especificidade, embora os fatores sejam semelhantes, não são independentes e nem equivalentes.

Estruturação: Os problemas são definidos como bem estruturados e mal estruturados, e cada tipo de problema necessita de uma habilidade diferente para ser resolvido: Os problemas mais comumente encontrados, especialmente em escolas e universidades, são:

Problemas bem estruturados. Normalmente encontrados no final dos capítulos dos livros didáticos e nos exames, esses problemas estruturados exigem a aplicação de um número finito de conceitos, regras e princípios sendo estudados em uma situação de problema restrito. (JONASSEN, 1997, p. 56).

A esse tipo de problema, Greeno (1978), chama de problemas de transformação, onde existe estado inicial, (o que se conhece do problema), a natureza da solução bem definida, e um conjunto de procedimentos, conhecido como passo a passo da solução, para se chegar ao estado inicial. Dessa maneira apresentamos um quadro comparativo dos problemas bem estruturados e mal estruturados, para que os mesmos possam ser melhor compreendidos.

Quadro 1 - Diferenciação de problemas mal estruturados e bem estruturados

Problemas bem-estruturados	Problemas mal-estruturados
Exigem a aplicação de um número limitado de regras e princípios regulares e estruturada, organizada de maneira preditiva e prescritiva. Possuem soluções compreensíveis, nas quais a relação entre as escolhas e os estados do problema são conhecidos.	Possuem elementos problemáticos desconhecidos; Possuem várias soluções, vários caminhos ou nenhuma solução; Possui vários critérios para avaliar as soluções, e os princípios necessários para a solução; Exige que os educandos façam julgamentos; expressem suas opiniões e crenças, sobre o problema.

Fonte: Adaptado de Jonassen, D. (2000, p. 66)

Os problemas mal estruturados são os tipos de problema que se encontram com maior frequência em nosso cotidiano, suas soluções não são previsíveis e nem convergentes, uma vez que não são limitados pelos conteúdos estudados em sala de aula. Para Jonassen (2000, p. 69) “Os problemas mal estruturados podem exigir os domínios de conteúdo. Por exemplo, soluções para problemas como poluição podem exigir a aplicação de conceitos e princípios de matemática, ciências, ciências políticas e psicologia”.

Complexidade: A complexidade é definida pela quantidade de problemas, funções ou variáveis que fazem parte do problema. Para Funke (1991). Os problemas mais complexos são dinâmicos, ou seja, aqueles em que o ambiente de tarefas e seus fatores mudam ao longo do tempo. A dificuldade do problema é uma função do problema.

Domínio Específico: Cada habilidade desenvolvida durante a resolução do problema é específica de um contexto e depende do contexto em que o problema foi abordado. Problemas variados exigem raciocínios lógicos e dependem das ações cognitivas. Por exemplo, Lehman *et al.* (1988) chegaram à conclusão que diferentes formas de raciocínio são aprendidas em diferentes

disciplinas de graduação. Os estudantes da psicologia e da medicina tem melhor desempenho em problemas de raciocínio estatístico, metodológico e condicional do que os estudantes de direito e química, que não aprendem tais formas de raciocínio. As operações cognitivas são aprendidas através do desenvolvimento de esquemas de raciocínio pragmático, em vez de exercícios de lógica formal.

Diferenças individuais: Segundo Smith (1991) existe fatores internos e externos na solução de problemas. Os fatores externos são as variações no tipo de representar o problema. Os fatores internos descrevem variações nos solucionadores dos problemas. Dessa forma, algumas características apresentadas pelos alunos podem influenciar na resolução dos problemas, sendo os mesmos descritos abaixo.

Familiaridade: A característica mais marcante que influencia na habilidade de resolver problemas é a familiaridade. Quando o educando/solucionador é experiente, no sentido que já está acostumado a resolver problemas complexos, ele desenvolve esquemas rápidos. Quando o mesmo não está familiarizado com o problema, é necessária a criação de esquemas e discussão de hipóteses que possam levar na resolução de problemas.

Domínio e conhecimento estrutural: é também conhecido como estrutura cognitiva, é o passo onde se organizam as ideias para gerar a solução do problema.

Crenças epistemológicas: Durante a solução de problemas, é importante que os solucionadores analisem a veracidade das ideias e as diferentes perspectivas enquanto avaliam os problemas e soluções. A capacidade para fazer isso depende parcialmente de suas crenças subjacentes sobre o conhecimento e como ele se desenvolve. Dessa maneira, as crenças epistemológicas dos educandos sobre a natureza da solução dos problemas, afetam a maneira como os mesmos enxergam o problema.

Depois de analisar os passos da resolução de problemas compreendemos que objetivo principal é o diagnóstico do que Jonassen (2000) chama de estado de falha, ou seja, ao se deparar com o problema, suas partes não estão funcionando como um todo, é isso que precisa ser diagnosticado, e testado. Os solucionadores de problemas usam sintomas para gerar e testar hipóteses sobre diferentes estados de falha.

Dessa maneira, como foi proposto no início desta dissertação, segue um quadro comparativo de exercícios complexos, mal estruturados presentes no livro texto Halliday volume II. Com a utilização desses exercícios, juntamente com a técnica da PBL e da Grounded Theory, analisaremos as relações complexas desses exercícios na graduação em biologia.

Quadro 2 - Problemas Complexos retirados do livro texto Halliday, volume II

Problemas Complexos	
1)	Um mergulhador novato, praticando em uma piscina, inspira ar suficiente do tanque para expandir os pulmões antes de abandonar o tanque a uma profundidade L e nadar para a superfície. Ele ignora as instruções e não exala o ar durante a subida. Ao chegar a superfície, a diferença entre a pressão externa a que está submetido, e a pressão do ar nos pulmões é de 9,3 kPa. De que profundidade partiu? Que risco está correndo?
2)	O fêmur, que é o principal osso da perna, tem um diâmetro mínimo, no adulto de sexo masculino de aproximadamente 28 cm, qual o valor da carga compressiva necessária para quebra-lo?
3)	A área A_0 da seção transversal da aorta (maior artéria que emerge do coração) de uma pessoa normal em repouso é de 3 cm ² , e a velocidade u_0 do sangue é de 30 cm/s. Um capilar típico (diâmetro de $6\mu_m$) tem uma área de seção transversal de 3.10^{-7} cm ² e uma velocidade de escoamento v de 0,05 cm/s. Quantos capilares essa pessoa possui?
4)	Durante a Segunda Guerra Mundial, um cargueiro danificado que mal era capaz de flutuar nas águas salgadas do Mar do Norte, naufragou porque subiu o Tâmisia em direção as docas de Londres. Por quê?
5)	O sangue leva cerca de 1,00 s para passar através de um vaso capilar de 1,00 mm de comprimento, no sistema circulatório humano. Se o diâmetro do vaso capilar é $7,0\mu_m$ e se a queda de pressão 2,60 kPa, determine a viscosidade do sangue. Suponha o escoamento laminar.
6)	Um peixe se mantém na mesma profundidade na água doce ajustando a quantidade de ar em ossos porosos ou em bolsas de ar para tornar sua massa específica média igual à da água. Suponha que, com as bolsas de ar vazias, um peixe tem uma massa específica de 1,08 g/cm ³ . Para que fração de seu novo volume o peixe deve inflar as bolsas de ar para tornar sua massa específica igual à da água?
7)	Os mergulhadores são aconselhados a não viajar de avião nas primeiras 24 h após um mergulho porque o ar pressurizado usado durante o mergulho pode introduzir nitrogênio na corrente sanguínea. Uma redução súbita da pressão do ar (como a que acontece quando um avião decola) pode fazer com que o nitrogênio forme bolhas no sangue, capazes de produzir embolias dolorosas ou mesmo fatais. Qual é a variação de pressão experimentada por um soldado da divisão de operações especiais que mergulha a 20 m de profundidade em um dia e salta de paraquedas, de uma altitude de 7,6 km, no dia seguinte? Suponha que a massa específica média do ar nessa faixa de altitudes é de 0,87 kg/m ³ .
8)	Pressão arterial do Argentinossauro. (a) Se a cabeça desse saurópode gigantesco ficava a 21 m de altura e o coração a 9,0 m, que pressão manométrica (hidrostática) era necessária na altura do coração para que a pressão no cérebro fosse 80 torr (suficiente para abastecer o cérebro)? Suponha que a massa específica do sangue do argentinossauro era $1,06 \times 10^3$ kg/m ³ (b) Qual era a pressão arterial (em torr) na altura dos pés do animal?
9)	Em uma girafa, com a cabeça 2,0 m acima do coração e o coração 2,0 m acima do solo, a pressão manométrica (hidrostática) do sangue na altura do coração é 250 torr. Suponha

que a girafa está de pé e a massa específica do sangue é $1,06 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Determine a pressão arterial (manométrica) em torr (a) no cérebro (a pressão deve ser suficiente para abastecer o cérebro com sangue) e (b) nos pés (a pressão deve ser compensada pela pele esticada, que se comporta como uma meia elástica). (c) Se a girafa baixasse a cabeça bruscamente para beber água, sem afastar as pernas, qual seria o aumento da pressão arterial no cérebro?

10) Quando um piloto faz uma curva muito fechada em um avião de caça moderno, a pressão do sangue na altura do cérebro diminui e o sangue deixa de abastecer o cérebro. Se o coração mantém a pressão manométrica (hidrostática) da aorta em 120 torr quando o piloto sofre uma aceleração centrípeta horizontal de 4g, qual é a pressão sanguínea no cérebro (em torr), situado a 30 cm de distância do coração no sentido do centro da curva? A falta de sangue no cérebro pode fazer com que o piloto passe a enxergar em preto e branco e o campo visual se estreite, um fenômeno conhecido como “visão de túnel”. Caso persista, o piloto pode sofrer a chamada g-LOC (g- induced loss of consciousness — perda de consciência induzida por g). A massa específica do sangue é $1,06 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Fonte: A autora

Os problemas retirados do livro texto de Física, pela pesquisadora desta dissertação, permitem ter um panorama no que tange a classificação de problemas mal estruturados, definidos pelos autores desse subcapítulo. Dessa forma, serão estes utilizados juntamente com a metodologia da Grounded Theory, para que assim possam ser respondidos os questionamentos do problema inicial.

3 GROUNDED THEORY

3.1 UM POUCO DA HISTÓRIA

A *Grounded Theory* (G.T) ou Teoria Fundamentada em Dados (TFD) como é conhecida no Brasil, surgiu no ano de 1967, onde seus idealizadores foram Barney Glaser e Anselm Strauss, no livro intitulado “*The Discovery of grounded theory*”. Strauss é formado pela universidade de Chicago, a qual possui um forte muito grande em pesquisa qualitativa, Glaser veio de uma tradição totalmente diferente, da universidade de Columbia, pautado na pesquisa quantitativa, mas que sem sombra de dúvidas veio a contribuir para a formação da nova metodologia. No ano de 1990, a G.T passou a ter a contribuição de Juliet Corbin, formada pela universidade de San Jose, Califórnia.

A G.T surgiu em um período onde os pesquisadores encontravam-se descontentes com os instrumentos de pesquisas vigentes. Os autores procuravam uma forma de validação das análises de seus estudos, e pesquisavam a morte de doentes terminais em hospitais. No início a G.T era restrita as áreas sociais e da saúde, mas com o passar dos estudos dos autores se expandiu abarcando diversas esferas.

A proposta da G.T é um processo metodológico que busca a idealização de teorias indo ao inverso do que as metodologias positivistas traziam até então, move-se da observação empírica para a definição de conceitos, compreende e busca entender o comportamento sob a óptica dos participantes da pesquisa, o que proporciona ao pesquisador um aprendizado relacionado a vida dos participantes, suas interpretações e contextos que estejam vivenciando.

O termo “*grounded*” traduzido de forma literal significa algo que se encontra aterrado, que possui raízes, dessa maneira podemos entendê-la como a teoria enraizada, no sentido que ela deriva de dados, e esses dados são sistematicamente analisados dentro do processo de pesquisa. Strauss e Corbin trazem que:

Neste método, coleta de dados, análise e eventual teoria mantêm uma relação próxima entre si. Um pesquisador não começa o projeto com uma teoria preconcebida em mente (a não ser que seu objetivo seja elaborar e estender a teoria já existente). Ao contrário o pesquisador começa com uma área de estudo e permite que a teoria surja a partir de dados. A teoria derivada dos dados tende a se parecer mais com a

“realidade” do que a teoria derivada da reunião de uma série de conceitos baseados em experiência ou somente por meio da especulação (como alguém acha que as coisas devem funcionar). Teorias fundamentadas, por serem baseadas em dados, tendem a oferecer mais discernimento, melhorar o entendimento e fornecer um guia importante para a ação. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 25).

Com relação ao posicionamento dos autores sobre a G.T, percebemos que através dela podemos gerar uma teoria (visão do pesquisador ao realizar a observação dos pesquisados) aliada ao estudo de dados e as observações reais que surgem durante o evento estudado. Porém, esses eventos são pré-definidos por estágios de codificações, onde Strauss e Corbin definem:

1. Construir em vez de testar a teoria
2. Fornecer aos pesquisadores ferramentas analíticas para lidar com as massas de dados brutos;
3. Ajudar os analistas a considerar significados alternativos para os fenômenos;
4. Ser sistemático e criativo simultaneamente;
5. Identificar, desenvolver e relacionar os conceitos que são os blocos de construção da teoria. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 28).

Observamos então que a G.T cria uma ponte de ligação com a pesquisa empírica, pois apresenta um método geral de análise comparativa estabelecendo uma série de relações para que desenvolva a teoria fundamentada em dados. Strauss (1987) afirma que a Teoria Fundamentada em Dados é um método sistemático de se estudar a riqueza e a diversidade da experiência do ser humano e, ao mesmo tempo, gerar uma teoria capaz de compreender o comportamento dos indivíduos. Ela permite ao pesquisador descrever processos que podem explicar fenômenos complexos como a experiência cotidiana dos indivíduos.

Para que possamos entender o delineamento dessa metodologia, precisamos entender alguns conceitos. O primeiro conceito trazido por Strauss e Corbin (1991), é o da sensibilidade teórica, ou seja, é como o pesquisador deve perceber e significar os dados. Para isso, o pesquisador ao estar desenvolvendo a G.T, deve entrar em campo com o mínimo de pré-conceitos, pois assim registrará os dados e detectar os acontecimentos, sem gerar hipóteses antecipadas.

O segundo conceito refere-se à amostragem teórica ou proposital, Glaser e Strauss (1967, p. 39) especificam que: É “processo de coleta de dados

para gerar a teoria onde o analista coleta, codifica e analisa seus dados e decide quais dados coletar a seguir e onde encontrá-los, a fim de desenvolver a teoria que está emergindo”. O seu objetivo é desenvolver as categorias de pesquisa, para assim ter instrumentos de análise. O terceiro conceitos são os diagramas ou memorandos, que servem para de registro para a visualização da teoria fundamentada em dados.

A elaboração dessa teoria requer certos cuidados, pois na G.T, ela é mais que um conjunto de resultados, é a explicação de um fenômeno. Sobre esse assunto Strauss e Corbin colocam que:

Desenvolver uma teoria é uma atividade complexa. Usaremos o termo “teorização” para denotar essa atividade porque desenvolver teoria é um processo, e sempre um processo longo. Teorizar é um trabalho que não implica apenas conceber ou instruir ideias (conceitos), mas também formular essas ideias em um esquema lógico sistemático e explanatório. Independentemente do quão iluminada ou mesmo “revolucionária” possa ser a ideia de teorização, a transformação de uma ideia em teoria ainda exige que a ideia seja explorada completamente e considerada de muitos ângulos e perspectivas diferentes. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 35).

Entendemos assim, a importância de não gerar hipóteses antes do início da aplicação da G.T, uma vez que a mesma é uma atividade que requer análise de muitos conceitos e será construída ao longo do processo de observação do indivíduo. Ainda sobre a relação do processo de teorização Glaser e Strauss colocam que existem dois tipos de teorias:

- As Formais: as quais os autores chamam de abrangentes e conceituais.
- As substantivas: Explicam as situações do cotidiano, se tornando mais simples e acessíveis, pautando-se em situações reais, é de onde idealizamos toda a teoria fundamentada em dados. (GLASER; STRAUSS, 1967, p. 34).

Segundo os autores, existem muitas outras maneiras de classificar uma teoria, mas para o entendimento da G.T, devemos considerar que a mesma é única, e que vários conceitos e observações farão com que ela tenha êxito ou não.

Através da G.T é possível a construção de uma teoria, fundamentada nos dados e na interação entre os indivíduos e o meio. O processo requer que o

pesquisador tenha criatividade durante o processo de análise de dados. Sobre essa criatividade:

Ciência e arte. É ciência no sentido de manter um certo grau de rigor e por basear a análise em dados. A criatividade se manifesta na criatividade dos pesquisadores de competentes nomear categorias, fazer perguntas estimulantes, fazer comparações e extrair um esquema inovador, integrado e realista de massas de dados brutos organizados. Ao fazer pesquisa, lutamos por um equilíbrio entre ciência e criatividade. (STRAUSS e CORBIN, 2008, p.26).

Cabe ao pesquisador/investigador então ser sensível e reflexivo, de modo que assim consiga observar os indivíduos e desenvolver as categorias que necessita desenvolver durante a investigação, criando assim meios criativos de acumular os dados e fundamentar a pesquisa.

3.1.1 Passos da Grounded Theory

Strauss e Corbin defendem que o processo de conceituação da G.T se baseia em:

- Conceituação (Definição do problema que se pretende estudar, mas sem tê-lo conceituado em sua totalidade, apenas uma visão inicial da problemática que se pretende investigar).
- Redução de dados (É onde se delimitam os caminhos para chegar na categoria central, ou dita emergente, a redução das categorias se dá também quando a mesma se encontra saturada, dessa maneira o pesquisador tem mais tempo para analisar e estudar os dados).
- Definição de categorias (Surge através da microanálise, ou seja, análise detalhada referente ao estudo para que sejam delimitados os fenômenos)
- Desenvolvimento de categorias em termos de análise e suas dimensões;
- Relacionamento entre as categorias;
- Definição da categoria central (A categoria central, é aquela que emerge depois de todos esses passos, e é a que vai nortear o desenvolvimento da G.T). (STRAUSS; CORBIN, p. 57).

Como vemos, são vários passos que devem ser seguidos para que seja possível a criação de uma teoria, para que isso ocorra utilizam-se os processos de codificação axial, aberta e seletiva. (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Antes de tratarmos dos processos de codificação delinearemos os passos para a formação da teoria fundamentada em dados. O primeiro passo é ter uma noção geral do que se pretende investigar, porém sem ter um problema

ainda estabelecido, este surge durante o desenvolvimento das observações em campo, em relação à pergunta problema, deve ser ampla e aberta, para que depois consiga ser refinada. Para Strauss e Corbin:

[...] é necessário estruturar a questão de pesquisa de forma a garantir a flexibilidade e liberdade para se explorar o fenômeno em profundidade. Além disso, na base dessa técnica para a pesquisa qualitativa está a suposição de que todos os conceitos pertencentes a um determinado fenômeno ainda não foram identificados, pelo menos não nesta população ou local. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 50).

Partindo desse pressuposto, podemos determinar as variáveis da pesquisa, e refinar as quais questões têm potencial de serem trabalhadas de acordo com aquilo que se pretende desenvolver.

O segundo passo é definir a coleta de dados, essa se dá por amostragem teórica, que tem como objetivo ser suporte durante a análise de categorias. A amostragem orienta o investigador para que o mesmo consiga definir o caminho para a sua investigação. Ter uma visão do problema de pesquisa facilita a escolha de quais grupos serão abarcados durante a pesquisa. “A análise começa com a primeira entrevista e observação, seguida por mais uma análise, mais entrevistas e trabalho de campo, e assim por diante”. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 55). Em outras palavras entendemos que é a análise que norteia quais grupos de amostra serão determinados.

A G.T, por se tratar de um processo qualitativo, utiliza vários objetos que se assemelham aos processos qualitativos vigentes, como questionários, gravação de áudio e imagem, entrevistas, etc. De modo, que possam ser esmiuçados e analisados assim sendo esclarecendo seus significados. Essa metodologia também pode unir dados quantitativos e qualitativos. Essa combinação pode ser feita durante todas as fases do processo investigativo.

Segundo Glaser e Strauss (1967), é fundamental que a coleta de dados seja realizada em situações e com sujeitos com características e práticas diferenciadas a fim de possibilitar a análise e interpretação sistemática comparativa dos dados. Assim, no início da G.T, não existe hipóteses, elas começam a surgir durante a coleta de dados, ocasionado assim sua análise e posterior comparação com novos dados podendo ser consideradas ou desconsideradas. Sobre esse processo Strauss e Corbin:

A coleta começa com a primeira entrevista e observação, cuja análise conduz à próxima entrevista ou observação. São os dados analisados que guiarão à coleta de dados, num processo de fluxo livre e criativo, no qual os investigadores se movem rapidamente para frente e para trás entre os tipos de codificação, denominados, aberta, axial e seletiva. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 79).

A G.T sustenta-se através de quatro pilares, sendo o primeiro, os processos de codificação, subdivididos em codificação aberta, axial e seletiva.

3.1.2 Codificação Aberta

Na codificação aberta, o processo por meio do qual os conceitos são identificados e as suas respectivas descobertas fixam-se nos dados. O material que surge da análise de dados é transcrito e analisado, determinando assim palavras chaves que darão origem aos conceitos. A codificação aberta estuda os dados brutos da pesquisa para gerir assim as categorias. Nas palavras de Strauss e Corbin quando se expressam sobre essa codificação:

Na codificação aberta, os dados são separados em partes distintas, rigorosamente examinados e comparados em busca de similaridades e diferenças. Eventos, acontecimentos, objetos e ações/interações considerados conceitualmente similares em natureza ou relacionados em significados são agrupados sob conceitos mais abstratos, chamados categorias. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 104).

Essas novas categorias que surgem se dividem então em subgrupos, que nessa fase chamamos de hipótese, nos permitindo assim criar novas explicações sobre os fenômenos analisados.

Abaixo segue um quadro que exemplifica a codificação aberta:

Quadro 3 - Codificação aberta

Dados brutos da entrevista	Códigos substantivos	Componentes
<p>Entrevistador: Fale-me sobre adolescentes e uso de droga.</p> <p>Informante: Acho que os adolescentes usam drogas como uma libertação de seus pais. Bem não sei, só posso falar por mim. Para mim foi uma experiência. Você ouviu muito sobre drogas. Você ouviu que elas fazem mal para você. Há muitas drogas por aí. Você só usa porque elas são acessíveis e porque é um tipo de</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecendo a rebeldia dos adolescentes. - Constatando que só responde por ele. - Relatando sua experiência. - Descrevendo que sabe que as drogas fazem mal 	<p>Dimensões de um conjunto específico.</p>

novidade. É legal! Você sabe, é algo que te faz mal, um tabu, ou “não”.		
---	--	--

Fonte: Adaptada de Strauss e Corbin (2008, p. 107-110)

Na tabela acima, podemos compreender melhor o processo da codificação aberta, uma vez que todas as ideias e frases são conceituadas e o contexto da pesquisa indicado, assim sendo se estabelece a partir de uma análise criteriosa as categorias que serão investigadas e as suas palavras chaves correspondentes. Podemos ainda explorar a tabela III e retirar novas informações, sobre a codificação aberta.

As informações encontram-se sintetizadas na tabela IV e V.

Quadro 4 - Códigos abertos

Alguns trechos referentes à entrevista	Códigos gerados
<ul style="list-style-type: none"> - A maioria experimenta só algumas; - Podemos consegui-la em qualquer lugar; - É como viver perigosamente; - Comecei com a maconha; - Abriu minha mente 	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade experimentada; - Facilidade de encontrar; - Viver perigosamente; -Começando com a maconha; - Abrindo a cabeça

Fonte: adaptada de Strauss e Corbin (2008, p. 109-110)

Quadro 5 - Formação de categorias através dos códigos abertos

Categoria	Código
<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade experimentada; - Facilidade de encontrar; - Começando com a maconha; 	Acessibilidade
<ul style="list-style-type: none"> - Viver perigosamente; - Abrindo a cabeça 	Desafios

Fonte: adaptada de Strauss e Corbin (2008, p. 108-110)

Ao observarmos a segunda e a terceira tabela percebemos que nelas existe a microanálise, ou seja, a separação de dados e devemos tomar cuidado ao estar nesse estágio da G.T, para não os rotular e não fazermos uma análise superficial do fato a ser estudado.

3.1.3 Codificação Axial

Na codificação axial, ocorre o processo onde as categorias estabelecidas no processo anterior relacionam-se com as suas subcategorias. Strauss e Corbin (2008, p. 124) explicam o termo axial, “axial porque ocorre em torno do eixo de uma categoria associando categorias ao nível de propriedades e dimensões”.

Essa fase é essencial, pois na codificação aberta é gerada um grande volume de informações, que precisam ser reorganizadas, selecionadas para que seus conceitos centrais sejam extraídos. “O objetivo da codificação axial é começar o processo de reagrupamento dos dados que foram divididos durante a codificação aberta”. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 126).

A codificação axial nos permite visualizar semelhanças e diferenças que surgiram na codificação aberta, dando assim uma nova configuração aos conceitos. Esta fase é um processo dedutivo e indutivo, pois a dedução é codificada podendo assim ser validada ou não. Sobre esse processo os autores definem que:

[...] Ela examina como as categorias se cruzam e se associam, como informado anteriormente, uma categoria representa um fenômeno, ou seja, um problema, uma questão, um fato ou um acontecimento que é definido como importante para os informantes. O fenômeno sob investigação pode ser tão amplo como negociar um acordo de paz entre duas nações, ou tão restrito como mudanças percebidas no corpo após uma amputação. Um fenômeno tem a capacidade de explicar o que está acontecendo. Uma subcategoria também, é uma categoria, como o nome implica, porém, em vez de representar o fenômeno em si, as subcategorias respondem questões sob o fenômeno, como, por exemplo, quando, onde, por que, quem, como e com que consequências, dando assim, um maior poder explanatório ao conceito. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p.128).

Toda essa relação descrita pelos autores pode ser visualizada no quadro a seguir:

Quadro 6 - Formação de categorias através de subcategorias

Códigos	Subcategorias	Categorias
- Quantidade experimentada; - Facilidade de encontrar; - Começando com a maconha;	Acessibilidade	Libertação
- Viver perigosamente; - Abrindo a cabeça	Desafios	

Fonte: adaptada de Strauss e Corbin (2008, p. 125)

Após a identificação de um determinado fenômeno pelo agrupamento das categorias e subcategorias em códigos atingimos a categorização, reduzindo o número de categorias analisadas, para assim caminhar para a categoria central.

Strauss e Corbin descrevem as tarefas básicas que envolvem o processo axial sendo:

- Organizar as propriedades de uma categoria e suas dimensões, uma tarefa que começa durante a codificação aberta.
- Identificar a variedade de condições, ações/interações e consequências associadas a um fenômeno.
- Relacionar uma categoria à sua subcategoria por meio de declarações que denotem como elas se relacionam umas às outras.
- Procurar nos dados pistas que denotem como as principais categorias podem estar relacionadas umas às outras. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 126).

Quando um pesquisador/investigador realiza os passos da codificação axial, ele procura respostas, e acaba descobrindo as relações entre as categorias, e acaba contextualizando um fenômeno colocando-o dentro de uma estrutura para que assim o mesmo seja analisado.

3.1.4 O Paradigma

Trabalhar com dados dessa magnitude, nem sempre é fácil, e necessita de comprometimento e uma boa observação para que uma boa análise seja realizada, uma ideia seria trabalhar com esquemas organizacionais, aqui chamado de paradigma, que Strauss e Corbin definem como:

O paradigma não é nada além de uma perspectiva assumida em relação aos dados, outro ponto analítico que ajuda a reunir e ordenar dados sistematicamente, de forma que estrutura e processos sejam integrados. A terminologia usada no paradigma é emprestada de termos científicos padronizados e garante uma linguagem familiar, facilitando a discussão de cientistas. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 127).

O modelo citado pelos autores nos auxilia no sentido que nos possibilita uma contextualização dos fenômenos, identificando sua estrutura dentro de uma determinada categoria. Os paradigmas começam a surgir no momento em que emergem os dados, e as perguntas, onde, como, e por que, e assim agrupam

respostas para as referidas questões. Assim segundo Strauss e Corbin (2008, p. 129) “Sob essas condições surgem ações/interações, as quais são respostas estratégicas ou rotineiras das pessoas ou grupos a questões, acontecimentos ou fatos”.

O paradigma é composto por alguns componentes, dentre eles citamos o fenômeno, que é ideia central, de onde parte todas as interações. Que nas palavras de Strauss e Corbin (2008, p. 130) aos procurarmos os fenômenos “estamos procurando padrões repetidos de acontecimentos, fatos, ações/interações que representem o que as pessoas dizem, sozinhas ou juntas, em resposta aos problemas e situações nas quais elas se encontram”.

Sobre esse modelo entendemos que se torna necessários descobrir as relações entre as categorias e subcategorias, e o paradigma seria um mecanismo onde o investigador usa para definir essas interações, de modo que ele não pode ser tomado como único meio de análise, pois segundo os autores se o mesmo for tomado como modelo único, ele se torna o fim e não o meio.

3.1.5 Codificação Seletiva

A codificação seletiva é o processo que integra e refina uma teoria. É a fase mais abstrata dos processos de codificação, o processo chega ao final quando ocorre a saturação teórica, ou seja, quando durante a investigação não surgem novas propriedades, dimensões ou relações durante a análise que corroborem com o desenvolvimento da categoria. “Saturação é mais a questão de atingir o ponto na pesquisa em que a coleta de dados adicional parece contra produtiva; o ‘novo’ a ser descoberto não adiciona muito mais para a explanação naquele ponto”. (STRAUSS; CORBIN, 1998, p. 36).

Quando se atinge a fase da codificação seletiva o investigador descreve os dados de maneira analítica para descobrir a categoria central. Sobre essa característica da codificação seletiva, Strauss e Corbin complementam:

Dentro dessa interação, estão o formato analítico, que inclui não apenas quem o analisa é mais também a evolução do pensamento que ocorre como tempo por meio da imersão nos dados e o conjunto cumulativo de resultados que foram registrados em memorandos e diagramas. Embora possamos encontrar nos dados dicas de como conceitos se relacionam, elas só surgem depois que as relações são reconhecidas pelo tal pelo analista. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 145).

Entendemos que o investigador constrói a sua teoria a partir de dados, ele reduz esses dados que são observados em muitos casos, em conceitos e conjuntos que podem ser usados para explicar um sentido geral do fenômeno que está acontecendo. Dessa maneira, observamos que as categorias se inter-relacionam em um esquema teórico muito maior, e se torna imprescindível o paradigma como elemento de codificação durante a análise.

A categoria central ou emergente possui poder analítico, pois reúne outras categorias para chegar ao todo que se pretende explorar, respondendo assim as variações existentes dentro de uma categoria. Ela surge de uma lista de categorias existentes, ou através da pesquisa do investigador que busca reflexões para responder problemas que surgem. Strauss nos fornece uma lista para aplicar a uma categoria central.

1. Ela deve ser central, ou seja, todas as outras categorias importantes podem ser relacionadas a ela.
2. Deve aparecer frequentemente nos dados. Isso significa que em todos os casos, ou quase todos, há indicadores, apontando para esse conceito.
3. A explicação que resulta da relação das categorias é lógica e consistente. Os dados não são forçados.
4. O nome ou frase usada para descrever a categoria central deve ser suficientemente abstrata, de forma que possa ser usada para fazer pesquisa em outras áreas substanciais, levando ao desenvolvimento de uma teoria mais geral
5. À medida que o conceito é refinado analiticamente por meio de integração com outros conceitos, a teoria ganha mais profundidade e mais poder explanatório.
6. O conceito consegue explicar variações e também o ponto principal dos dados; ou seja, quando as condições variam, a explicação ainda é válida, embora a forma na qual um fenômeno seja expresso possa parecer um pouco diferente. Devemos ser capazes de explicar casos contraditórios ou alternativos em termos dessa ideia central. (STRAUSS, 1987, p. 36).

Assim definido a categoria central o investigador busca respostas para se aprofundar em torno da categoria que vai analisar. Segue um quadro que relaciona as características da codificação seletiva.

Quadro 7 - Codificação seletiva**Categoria: Libertação**

Causalidade: Facilidade de encontrar a droga

Contexto: Desafio e autoridade de assumir o controle da sua própria vida.

Duração: Desde muito cedo tendo o contato com a droga.

Condições: Usar porque fica com a cabeça aberta.

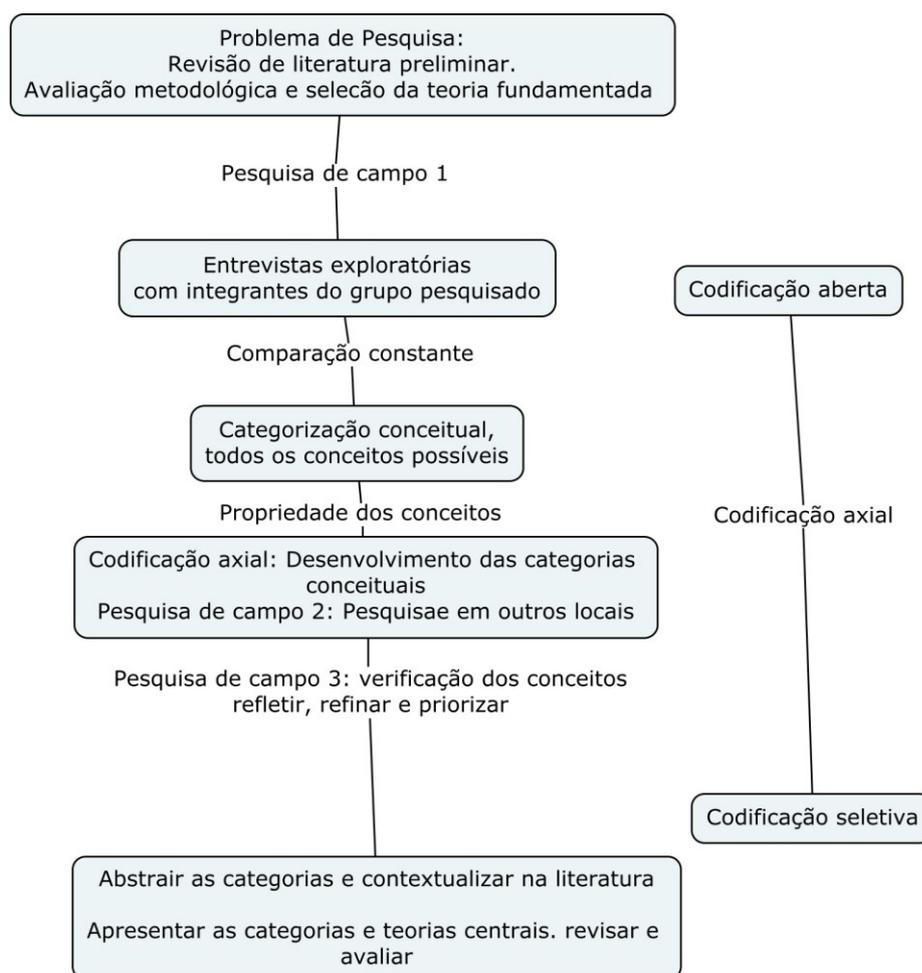
Uso porque me dá coragem.

Fonte: adaptada de Strauss e Corbin (2008, p. 150)

Os exemplos citados pela pesquisadora são um pequeno recorte de uma entrevista fictícia presente no livro “Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para desenvolvimento da teoria fundamentada de Strauss e Corbin”, sua grandeza é muito maior que a apresentada. Porém, através dos mesmos podemos visualizar as categorias sendo encontradas, e as relações estabelecidas entre as subcategorias para assim chegar à categoria emergente.

Dessa maneira concluímos esse capítulo com uma figura, que sintetiza os três processos de codificação.

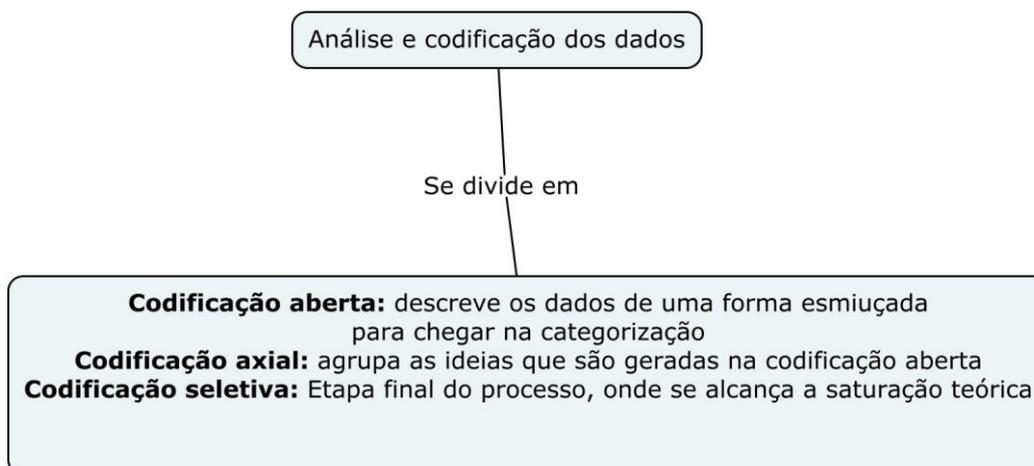
Figura 3 - Relações entre os processos de codificação para extrair a Grounded Theory



Fonte: adaptado pela autora Goulding, C. (2002, p. 115)

Nesse sentido, a figura nos possibilita uma visão mais ampla dos processos de codificação, para a coleta de dados e escolha da categoria emergente para chegar à teoria fundamentada em dados. Dessa maneira, podemos resumir no seguinte esquema:

Figura 4 - Sistematização dos processos de codificação



Fonte: A autora

3.1.6 Amostragem Teórica

O segundo pilar para a formulação da G.T é a amostragem teórica ou teórica, ela coleta dados através de conceitos derivados da teoria evolutiva, baseando-se na ação de fazer comparações, que para os autores tem o objetivo de “procurar locais, pessoas ou fatos que maximizem oportunidades de descobrir variações entre conceitos e de tornar densas as categorias em termos de suas propriedades e de suas dimensões”. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 196).

Compreendemos através da posição dos autores que a amostragem teórica abre um leque maior de oportunidades, no sentido de o pesquisador confrontar os fatos para definir uma categoria.

Para Glaser e Strauss (1967, p. 74) “esse processo de coleta de dados é controlado pela teoria emergente no caso, seria como se a teoria que está sendo desenvolvida “pedisse” mais informações”. Para chegarmos nesse processo passamos antes pela coleta de dados e as codificações, sendo possível preencher lacunas e descobrir variações no processo de categorização. Em relação a esse processo Strauss e Corbin complementam:

Dizer que alguém faz amostragem teórica significa que a amostragem, em vez de ser predeterminada antes de começar a pesquisa, se desenvolve durante o processo. Ela é baseada nos conceitos que surgiram da análise e que parecem ter relevância para a teoria evolutiva. Esses são conceitos que (a) são repetidamente encontrados (ou, em algumas situações notadamente ausentes) nos dados quando comparamos incidente por incidente e (b) atuam como condições que dão variação a uma categoria importante. (STRAUSS, CORBIN, 2008, p. 197).

Dessa forma, a amostragem teórica se faz importante, pois permite que o pesquisador desbrave novos caminhos com os dados coletados, tendo um maior retorno teórico, dando a mesma uma característica cumulativa, cada novo caminho acrescenta algo à coleta de dados e as análises anteriores. Strauss e Corbin descrevem a forma que ocorre a amostragem inicial relacionada a coleta de dados:

1. Deve-se escolher um local ou grupo para o estudo. Isso, evidentemente é dirigido pela principal questão da pesquisa.
2. Deve-se tomar uma decisão sobre os tipos de dados a serem usados.
3. Outra consideração é quanto tempo uma área deve ser estudada. Se um investigador está estudando um desenvolvimento ou um processo evolutivo, ele pode querer tomar algumas decisões iniciais em relação a acompanhar as mesmas pessoas ou locais durante um tempo, ou acompanhar diferentes pessoas ou locais em diferentes momentos.
4. Inicialmente, decisões relativas ao número de locais e observações e/ou entrevistas dependem de acesso, de recursos disponíveis de metas de pesquisa e da programação de tempo e da energia do pesquisador. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 199).

Uma vez que o pesquisador tenta decidido e escolhido o local, os participantes da pesquisa, e os dados para análise, ele está pronto para iniciar uma série de perguntas ao ir a campo, para saber quais serão os dados relevantes ou os que devem ser descartados.

3.1.7 Comparações Teóricas

O terceiro pilar para desenvolver uma teoria fundamentada em dados é o processo de comparações teóricas, sendo um processo contínuo e interativo onde são feitas as comparações de diferentes tipos de meios de coleta de dados com seus respectivos códigos e categorias. Trata-se de “uma ferramenta analítica usada para estimular o pensamento sobre as propriedades e dimensões das categorias”. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 79).

Se utilizar de comparações durante o desenvolvimento da G.T é uma ferramenta rica, pois estimula nosso pensamento sobre propriedades e dimensões, facilitando as definições da amostragem teórica. Sobre esse assunto Strauss e Corbin explicam como são definidas as categorias a serem analisadas:

Cada incidente é comparado a outro incidente no nível de propriedade dimensional em busca de similaridades e diferenças e é agrupado ou colocado em uma categoria. Porém, há momentos durante a codificação em que nos deparamos com um incidente e ficamos procurando indicações de sua importância ou significado. Não sabemos como nomear e classificar esse incidente porque não podemos identificar ou compreender as suas propriedades ou suas dimensões. Ou elas não estão nos dados ou estão, mas não temos a sensibilidade suficiente para reconhecê-las. Nesse momento voltamos para aquilo que chamamos de comparações teóricas. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 80).

Percebe-se através da explicação dos autores que fazer comparações teóricas possibilita o entendimento de como os fenômenos fazem suas interações, esclarecendo seu entendimento a cerca daquilo que está sendo analisado. Essas comparações devem continuar até que assim se chega à saturação teórica, onde os dados não conseguem atribuir significância as categorias. “Quando a saturação ocorre, o analista geralmente descobrirá que algumas lacunas em sua teoria, especialmente nas principais categorias, estão quase, senão completamente, preenchidas”. (GLASER; STRAUSS, 1967, p. 82).

3.1.8 Memorandos e Diagramas

O último pilar, para fundamentar uma teoria encontra-se nos memorandos e diagramas. Um memorando é um registro escrito de análise que podem variar em tipos e formatos, contém os produtos de análise, devendo ser analíticos e conceituais. Um diagrama é uma ferramenta de representação gráfica que se relaciona com os conceitos, não são escritos. Esses dois mecanismos são importantes para o registro de análise, podendo ser feitos a mão, ou em programas computacionais. Strauss e Corbin (2008, p. 210) esclarecem que:

Os memorandos e diagramas evoluem. Talvez o ponto mais importante para se ter em mente é que não há memorandos errados ou mal redigidos. Ao contrário, eles crescem em complexidade, em densidade, em clareza e em acuidade à medida que a pesquisa progride. Posteriormente, os memorandos e os diagramas podem negar, alterar, dar suporte, ampliar ou esclarecer os anteriores. É realmente surpreendente observar como um banco de dados acumula informações e cresce teoricamente com o tempo, embora ainda mantenha sua base na realidade empírica. Os memorandos têm um duplo objetivo de manter a pesquisa embasada e de manter essa consciência para o pesquisador. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 210).

Utilizar memorandos e diagramas durante o processo de investigação é imprescindível, pois são elementos que auxiliam na análise, devendo ser contínuo durante todo o processo de pesquisa. “Memorandos e diagramas ajudam o analista a ganhar distância analítica dos materiais. Eles forçam o analista a deixar de trabalhar com dados e passar para a conceptualização”. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 210).

Nos processos de codificação, os memorandos e diagramas aparecem em vários pontos das análises, no início da investigação, encontramos muitas peças soltas, e o analista precisa organizar para visualizar suas categorias, portando o uso de memorando é importante para que essa confusão de início não comprometa o andamento da pesquisa. Em relação aos diagramas, no início o pesquisador ainda não tem dados suficientes para montá-lo, mas com a progressão das análises eles se tornam instrumentos de validação de dados.

4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é de cunho qualitativo e se dará a partir da medição da *Grounded Theory* (G.T) que tem como característica a transformação de dados ontológicos em epistemológicos. Trata-se de uma metodologia que permite a partir de ferramentas a criação de novas teorias a partir de dados coletados. A *Grounded Theory* é ao mesmo tempo teoria e metodologia e fornece procedimentos para analisar os dados e posteriormente desenvolver teorias.

Strauss e Corbin (2008), relatam que a importância da G.T, como processo qualitativo é “que ela garante um senso de visão, no qual o analista quer seguir junto com a pesquisa”. E complementam:

Com o termo “pesquisa qualitativa” queremos dizer qualquer tipo de pesquisa que produza resultados não alcançados através de procedimentos estatísticos ou de outros meios de quantificação. Pode-se referir à pesquisa sobre a vida das pessoas, experiências vividas, comportamentos, emoções e sentimentos, e também a pesquisa sobre o funcionamento organizacional. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 21).

Considerando que a metodologia da G.T, se fundamenta em dados, e os mesmos são analisados, e que o seu desenvolvimento é pautado em observações e entrevistas, a natureza da mesma é aplicada. Complementamos ainda a estruturação da metodologia da G.T, pelas palavras de Strauss e Corbin:

Ao falar sobre análise qualitativa, referimo-nos não a quantificação de dados qualitativos, mas sim ao processo não-matemático de interpretação, feito com o objetivo de descobrir conceitos e relações de dados brutos e de organizar esses conceitos e relações em um esquema explanatório teórico. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 24).

A G.T não abre a possibilidade de que os dados qualitativos sejam quantificados, pois durante a coleta os dados são sistematicamente reunidos e analisados, e a teoria surge a partir dos dados.

Como essa metodologia visa à formulação de uma teoria que se fundamente em dados, ela foi escolhida por permitir uma nova discussão e classificação em torno da resolução de problemas, pois segundo Strauss (1987) é um método sistemático de se estudar a riqueza e a diversidade da experiência

do ser humano e, ao mesmo tempo, gerar uma teoria capaz de compreender o comportamento dos indivíduos.

A G.T, não permite o levantamento de hipóteses antes que o pesquisador entre em campo, uma vez que isso pode influenciar a pesquisa de forma negativa, e da mesma forma ocorre com o problema de pesquisa, existe uma ideia do que se pretende estudar, mas com a aplicação da investigação a visão do investigador pode mudar.

Strauss e Corbin definem que a pesquisa que utiliza a G.T baseia-se em três componentes:

1. Os dados da pesquisa podem vir de várias fontes, entrevistas, observações, filmagens, fitas.
2. Os procedimentos que os investigadores utilizam para organizar e interpretar os dados consiste na redução de dados para se estabelecer categorias de análise, nos termos de suas propriedades e dimensões.
3. As informações escritas e verbais resultam de um levantamento bibliográfico. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 49).

Assim, para que se atinja o objetivo da pesquisa, o investigador passa pela fase de exploração, decisão e descoberta, ou seja, definição do problema que se pretende investigar, a escolha do local onde será feito o estudo, e o contato para a entrada em campo. Todas as categorias e subcategorias que surgem durante o processo devem ser analisadas detalhadamente, para assim chegar à saturação teórica e encontrar a categoria central.

Pretendemos com essa pesquisa, resgatar a visão crítica dos graduandos em relação a vários fenômenos que abarcam outros conteúdos e disciplinas, e assim religar saberes que se perderam pela utilização de um modelo educacional que fragmenta os conteúdos e os isola em caixinhas separadas, e dessa forma contribuir com uma nova contribuição na teoria relativa a problemas complexos, para que outros profissionais da educação tenham a sua disposição material para trabalhar a complexidade em sala de aula.

4.1.1 Matriz Investigativa

Partindo da utilização da G.T como metodologia para fundamentar uma teoria através de dados, sistematizaremos a criação de uma Matriz Dialógica

Problematizadora (MDP), (KEMMIS; MCTAGGART, 1988), como apoio durante o desenvolvimento da pesquisa.

A Matriz Dialógica Problematizadora envolve o professor, o aluno, o contexto e o tema de estudo favorecendo a discussão do problema, dessa maneira, a mesma auxilia os professores durante a resolução de problemas no que tange ao processo educativo pesquisado. “Com a utilização da matriz, o professor tem a possibilidade de sistematizar as suas questões centrais, utilizando a mesma como um guia para a aplicação da metodologia investigativa em sala de aula”. (BASTOS; CORDENONSI; MULLER, 2008, p. 37).

Os autores citados complementam que a matriz guia todo o processo que ocorre dentro da sala de aula, e faz com que os professores estabeleçam metas e objetivos durante cada aula apresentada, o que os auxilia durante as orientações metodológicas e a sua própria investigação da pesquisa.

A MDP então se apresenta em estrutura de tabela, e Bastos; Cordenonsi e Muller explicam sua estrutura:

A Matriz Dialógica Problematizadora, se apresenta em forma de tabela onde os quatro lugares comuns educativos são colocados em ambos os eixos, formando a matriz. Estes quatro elementos, professores, alunos, tema e contexto, são utilizados para esclarecer questões investigativas entre os próprios objetos. A formulação destas questões parte do primeiro elemento, *professores*, em relação a ele mesmo, ou seja, o que é esperado dos professores com relação aos demais professores que participam das aulas? Da mesma forma, os demais elementos da tabela são preenchidos, sempre utilizando como guia o primeiro elemento e construindo a pergunta em relação a este: o que se espera dos alunos em relação aos professores, o que se espera do tema em relação aos professores, o que se espera do contexto em relação aos professores. (BASTOS; CORDENONSI; MULLER, 2008, p. 38).

Assim a Matriz Dialógica Problematizadora apresenta a sua estrutura com professores e alunos ativos no processo de aprendizagem. Dessa maneira, a nossa investigação contará com:

Professores: A pesquisadora desta dissertação

Alunos: Alunos de graduação em Biologia.

Contexto: Aulas na disciplina de Projetos Interdisciplinares, no Ensino Superior, no curso de formação de professores em Biologia, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Ponta Grossa.

Tema: Complexidade no Ensino de problemas de Física voltados a Biologia

Dessa forma estabelecemos algumas relações entre os participantes da pesquisa, e o contexto, para que assim fossemos guiados no processo de investigação e análise dos dados. Como a pesquisa ainda não foi aplicada, certamente as inter-relações serão modificadas durante o processo de ensino.

A nossa matriz encontra-se disposta da seguinte maneira:

A (professores) B (alunos), C (Tema), D (Contexto) e 1, 2, 3, 4 correspondem a mesma legenda das letras citadas. A estruturação da matriz, e os conceitos se articulam gerando questões que embasaram o processo investigativo.

Quadro 8 - Matriz Dialógica Problematicadora

	[A] Professores	[B] Estudantes	[C] Tema	[D] Contexto
[1] Professores	Quais os indícios da formação acadêmica de professores de biologia, e resolução de problemas abertos?	Qual a contribuição na aprendizagem dos estudantes de biologia vista a aprendizagem sobre a óptica da complexidade?	A abordagem complexa de problemas de física aplicados Biologia auxilia na formação de professores?	O espaço escolhido, onde se ministram as aulas da disciplina de Projetos Interdisciplinares V possuem caráter potencializador para uma abordagem de resolução de problemas complexos, de Física voltados a Biologia?
[2] Estudantes	De que forma os professores de Física, podem contribuir no processo de aprendizagem, ao religar saberes perdidos em exercícios de física, aplicados a biologia?	Do ponto de vista dos estudantes, qual a contribuição da complexidade na resolução de problemas?	O pensamento complexo, que luta contra a fragmentação dos saberes, consegue aproximar os estudantes da sua realidade, proporcionando uma ampla dos conteúdos?	As disciplinas de didática, são um ambiente frutífero para o desenvolvimento da complexidade em resolução de problemas?
[3] Tema	De que maneira os professores de Física abordam a complexidade em problemas envolvendo a biologia na física?	De que forma os estudantes de graduação em biologia enxergam a física sobre óptica da complexidade?	A complexidade proposta por Edgar Morin auxilia de que maneira a religação de saberes perdidos de biologia em exercícios de física?	As aulas de didática são ministradas de forma a explorar o pensamento complexo?

[4] Contexto	Como os professores de Física, numa visão complexa de resolução de problemas do livro Halliday podem mediar suas ações e reflexões no curso de formação em biologia?	De que maneira os estudantes de biologia terão uma visão mais ampla dos conceitos, relacionados a física, através do desenvolvimento da complexidade, em problemas que fazem parte da biologia vivenciada por eles?	Como a utilização de problemas complexos de física, voltados a biologia, podem redefinir a programação das aulas ministradas na graduação?	As aulas de física, quando associadas a resolução de problemas complexos, podem transformar a visão linear de ensino perpetuada dentro das universidades?
-----------------	--	---	--	---

Fonte: A autora

* Toda vez que a autora se referir à resolução de problemas, o mesmo se refere aos problemas complexos do livro texto da Física Fundamentos de Física II, dos autores HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R. Que dentro dos cursos de graduação é chamado de "Livro do Halliday".

4.1.2 Coleta De Dados

A *Grounded Theory* por se tratar de um método qualitativo, se assemelha no que tange a coleta de dados a outros meios qualitativos. Diversas são as técnicas analíticas que podem ser utilizadas pelo pesquisador, dentre as quais destacamos observações, entrevistas, gravações, diários de campo, filmagens, diagramas, questionários, memorandos, etc. Os dados obtidos são interpretados de forma minuciosa para que se estabeleçam seus significados e as definições das categorias. Os processos para a coleta e análise de dados são definidos por Strauss e Corbin:

Basicamente há três componentes principais na pesquisa qualitativa. Primeiro, há os dados que podem vir de várias fontes, tais como entrevistas, observações, documentos registros e filmes. Segundo há o procedimento que os pesquisadores podem usar para interpretar e organizar os dados. Eles geralmente consistem de conceitualizar e reduzir dados, elaborar categorias em termos de suas dimensões, e relacioná-los por meio de uma série de declarações preposicionais. Conceitualizar, reduzir, elaborar e relacionar sempre são referidos como codificação. Outros procedimentos são parte do processo analítico, incluem a amostragem, a redação de memorandos e a diagramação. Relatórios escritos e verbais são o terceiro componente [...]. (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 25).

Dessa maneira essa pesquisa contará como instrumento de análise de dados, questionários, observações e memorandos, e fragmentos de áudio. O primeiro instrumento será um questionário de sondagem inicial, com o intuito de analisar o conhecimento dos estudantes acerca da complexidade, e problemas

abertos oriundos da MDP. Sobre a importância dos questionários para uma pesquisa qualitativa, Ribeiro (2008) destaca alguns pontos;

- Garante o anonimato.
- Questões objetivas de fácil pontuação.
- Facilidade de tabulação de dados.
- Questões padronizadas.

Gil (1999) define o questionário como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc.

O segundo e o terceiro instrumento de pesquisa foram respectivamente as observações e anotações da investigadora, métodos de importância imprescindível no desenvolvimento da G.T, pois os observadores entram no mundo do sujeito observado, podendo assim entender suas realidades e emoções, e o pesquisador possui um instrumento valioso para a validação de dados e encontro das categorias de análise.

Segundo Moreira (2002, p. 52) a observação dita participante é esclarecida como “uma estratégia de campo que combina ao mesmo tempo a participação ativa com os sujeitos, a observação intensiva em ambientes naturais, entrevistas abertas informais e análise documental”.

Todas as observações coletadas durante o processo de pesquisa foram anotadas em memorandos, Strauss e Corbin (2008), explicam que a elaboração de memorandos começa com uma análise inicial, e se desenvolvem durante todo o processo de pesquisa.

E o último recurso utilizado para a análise de dados foi às gravações das aulas, que são imprescindíveis para o entendimento da pesquisadora, frente às situações as quais os estudantes passaram. De acordo com Peter Loizos (2008, p. 149) “o registro em vídeo torna-se necessário sempre que algum conjunto de ações humanas é complexo e difícil de ser descrito compreensivamente por um único observador, enquanto este se desenrola”.

4.1.3 Análise e Interpretação dos Dados

Para que os dados coletados sejam interpretados e compreendidos, através da abordagem qualitativa os mesmos passam por uma sistematização para a obtenção da teoria que, segundo Strauss e Corbin (1990) são:

- **A codificação:** ou análise de dados é a etapa onde os dados que foram coletados, reagrupados e descritos, a fim de que surjam relações de conceitos. Os procedimentos de codificação da G.T objetiva-se na construção da teoria que irá se fundamentar nos dados coletados. O investigador ao colocar em prática a pesquisa, e ao desenvolvê-la em campo, leva consigo um referencial teórico, o que auxiliará na visualização de novas vertentes teóricas. As etapas para a codificação de dados são:

- **Codificação aberta:** Nesta etapa inicia-se o processo de análise dos dados, todo o material que foi coletado durante a pesquisa passa a ser organizado, dividido e transcrito. Durante esse processo o investigador utiliza três perguntas que o levarão a construir as suas categorias de análise. As três perguntas são: 1) Esse dado refere-se a esse estudo? 2) Que categoria esse indicador se refere? 3) O que está acontecendo? Estes questionamentos devem estar sempre relacionados ao problema de pesquisa.

- **Codificação axial:** Esta etapa é importante, pois na codificação aberta surge um volume muito grande de dados. Neste momento, faz-se uma análise mais profunda dos conceitos e dos dados analisados. E se organizam novas análises de categorização. Pode-se então, o investigador voltar a campo, coletar novos dados e categorizá-los para extrair uma categoria central e reduzir os dados encontrados na etapa anterior. O objetivo é reunir os dados elaborando conexões entre as categorias e as subcategorias.

- **Codificação seletiva:** É a etapa mais abstrata da codificação dos dados. Durante este processo os dados são refinados em busca de uma categoria central. Esta categoria é delimitada através da codificação aberta, e percorre todo o processo de categorização dos dados. O pesquisador sempre voltará nas categorias que surgiram na primeira codificação, com o intuito de saturar os conceitos e caminhar para a elaboração da teoria, que será fundamentada nos dados. A partir dessas codificações chegamos na:

- **Redução das categorias:** A redução de categorias faz o

delineamento da teoria emergente, no qual o investigador pode descobrir uniformidades no grupo original de categorias ou suas propriedades e pode, então, formular a teoria com um grupo pequeno de conceitos de alta abstração, delimitando a terminologia e texto. A lista de categorias é também delimitada quando elas se tornam teoricamente saturadas. Desta maneira a quantidade de dados que o analista precisa codificar passa a ser consideravelmente reduzida, possibilitando mais tempo para estudar e analisar dados.

Portanto o universo dos dados é fruto da redução delimitação e saturação de categorias. A saturação teórica das categorias ocorre quando: nenhum dado relevante ou novo emerge; o desenvolvimento da categoria é denso e as relações entre as categorias são bem estabelecidas e validadas. (STRAUSS; CORBIN, 1990).

Pretende-se então descrever como foi realizada a análise e a coleta de dados, não se limitando em apresentar os dados de forma técnica somente, mas de forma explicativa de modo a conduzir o leitor a visualizar todas as etapas oriundas desse processo.

Para analisar os dados a pesquisadora atuou da seguinte maneira: organizaram-se os dados coleados em pastas nomeadas com cada aula, contendo todos os planos de aula, e os trabalhos desenvolvidos pelos alunos, também nomeados e separados em pastas. Também como critérios de organização foram utilizadas as gravações das aulas que ocorreram no modelo remoto. Após a estruturação dos dados, voltaram-se o olhar ao problema de pesquisa, para que assim se seguissem todos os procedimentos estabelecidos por Strauss e Corbin (1990).

Por conseguinte, a utilização da codificação axial se fez necessária, uma vez que a etapa anterior gerou um volume grande de dados, e essa nos permitiu a reorganização dos conceitos selecionados, e a emersão do conceito de Complexidade em Problemas de Física voltados a Biologia. Na sequência estabeleceram-se as categorias de análise. As categorias consistiram em: “formação de professores”, “resolução de problemas” e “complexidade”.

4.1.4 Local e sujeitos da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida no curso de graduação em Biologia na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Ponta Grossa, no ano

de 2020 via modo remoto, através da plataforma Moodle UTFPR e Google Meet (em função da pandemia do corona vírus). Participaram da pesquisa vinte seis estudantes de licenciatura do curso já referido.

A prática de ensino ocorreu na disciplina de Projeto Interdisciplinar V, o qual contempla os debates inerentes sobre as questões educacionais e o conhecimento científico, colocando o professor como sujeito da sua reflexão e pesquisa, sobre como transpor os conceitos científicos dentro da ciência.

Como se trata de um trabalho extenso acredita-se ser necessário situar o leitor, da ordem cronológica utilizada para organização dos dados coletados. Dessa forma, a primeira etapa da investigação passa a ser descrita e analisada.

4.1.5 A primeira etapa da investigação

A disciplina de Projetos Interdisciplinares V, foi base fundamental para o início do estudo e resolução do problema proposto. A mesma compreende uma carga horária semanal de quatro horas. E seus objetivos perpassam a formação do professor enquanto sujeito de reflexão e pesquisa, abordando as concepções de ciência e tecnologia bem como o ensino de Ciências.

De acordo com os objetivos, e o que é proposto na ementa da disciplina, foram trabalhados os conceitos gerais de: Complexidade; Resolução de Problemas; Problemas Complexos em um contexto mais aberto (situações que vivenciamos no momento, como por exemplo, a covid-19) e problemas complexos de Física.

Em contrapartida, para que houvesse uma base conceitual teórica os conteúdos apresentados e discutidos com os alunos partiram das concepções educacionais presentes na vertente da complexidade, em comparação com a vertente tradicional do sistema newtoniano cartesiano, de forma a conduzir a discussão de problemas complexos e os passos dessa resolução, usando assim como teoria a aprendizagem baseada em problemas.

Para que sejam esclarecidos os passos já mencionados, a pesquisadora descreve a sequência de todas as atividades que foram elaboradas no decorrer da aplicação da pesquisa.

4.1.6 Aplicação de um questionário investigativo em torno da Complexidade

Com o intuito de investigar qual a concepção dos alunos sobre a complexidade, e a relação dos problemas complexos, optou-se pela aplicação de um questionário contendo cinco problemas abertos sobre o tema supracitado.

O objetivo central na aplicação deste questionário encontra-se nas concepções iniciais que os alunos possuem sobre o tema, dando a pesquisadora meios de entender como os mesmos se relacionam com as perguntas propostas, e qual é a sua familiaridade com o assunto abarcado.

A aula aconteceu no dia 18 de setembro de 2020, com duração de aproximadamente 2 h 30 min, o primeiro passo utilizado foi à aplicação das perguntas propostas no questionário. As perguntas serão descritas na tabela a seguir.

Quadro 9 - Perguntas do questionário de sondagem inicial

Você se lembra durante a graduação de ter resolvido problemas complexos voltados à área biológica?
O que é um problema científico?
O que é um problema?
O que são problemas complexos?
Como se resolve um problema?

Fonte: A autora

Como já descrito nos passos da *Grounded Theory*, Strauss e Corbin (1990), descrevem as três perguntas que devem ser feitas ao iniciar o processo da coleta de dados através da codificação aberta que são:

- I. Esse dado refere-se a esse assunto?
- II. Que categoria esse indicador se refere?
- III. O que está acontecendo?

Na sequência, para iniciar a codificação aberta relacionada às respostas dadas pelos 26 alunos participantes, a pesquisadora utilizou-se do título do seu trabalho, para que fosse possível a identificação das primeiras categorias de análise. Estas etapas são descritas na *Grounded Theory*, defendidas por Strauss e Corbin (1990). A seguir tem-se no quadro 10, a organização do título e as categorias de análise pré-definidas após as análises e observações do questionário.

Quadro 10 - Categorias de análise iniciais

Título da Pesquisa	Categorias de análise
Problemas de Física voltados à Biologia: uma contribuição para a formação inicial do professor através da complexidade em problemas propostos pelo Halliday volume II	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de professores;  • Resolução de Problemas;  • Complexidade. 

Fonte: A autora

Após a definição das categorias de análise seguiu-se com a estruturação das cento e trinta respostas obtidas na aplicação do questionário, para posteriormente fazer a verificação se aquela resposta atendia nenhuma, uma, duas, ou as três categorias de análise definidas. As respostas que não atendem nenhuma das categorias foram descartadas. Utilizando-se apenas as que dão corpo ao problema estudado.

Quadro 11 - Indicadores de categoria para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a primeira pergunta

Questão 1: Você lembra durante a graduação de ter resolvido problemas complexos voltados a área biológica?	
Respostas:	Categorias:
A1: Não me vem a cabeça agora algum problema complexo. Porque não sei dizer se sei o que é um problema complexo.	 
A4: Eu não sei o que é um problema complexo, então não sei se já resolvi.	 
A7: Sim, nas disciplinas de Projeto interdisciplinar, todos os projetos tem resolução de algum problema.	  
A9: Não tenho certeza do que é um problema complexo, portanto não sei responder.	 
A11: Lembro-me de resolver problemas com soluções definitivas, chegando a uma conclusão final, como por exemplo, cálculos matemáticos e físicos. Porém problemas complexos que geram novos questionamentos e não possuem uma solução final, ainda não tive a oportunidade de vivenciar.	  
A12: Infelizmente não me lembro de ter resolvido problemas complexos voltados à área de Biologia durante a graduação. Porém, pode acontecer que eu tenha resolvido sim, mas ainda não tenho base suficiente para distinguir que aquilo de fato era um problema complexo.	  
A15: Sim, lembro-me de alguns problemas que foram levantados para a elaboração de artigos e trabalhos.	  
A20: Normalmente no APCC (Aulas práticas como componente curricular)	  

Fonte: A autora

Quadro 12 - Indicadores de categoria para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a segunda pergunta

Questão 2: O que é um problema científico?	
Respostas:	Categorias:
A2: É uma situação que leva há uma discussão desse problema e a busca de soluçona-lo ou tentar explicar o porquê este problema existe/ocorre.	
A3: Um problema científico se baseia em algo em que o pesquisador vai se basear para fazer sua pesquisa. Um problema que possivelmente nenhuma outra pessoa tenha pesquisado em cima. A partir do ponto em que se decide qual tema seguir, o pesquisador começa a trabalhar em cima desse problema.	
A5: Um problema científico é um objeto de estudo de pesquisa científica, o qual ainda não foi satisfatoriamente respondido. Para a solução do mesmo é necessário aplicar o método científico e passar por várias etapas como: observação, problematização, formulação da hipótese, experimentação, análise dos resultados e conclusão.	
A6: Acredito que um problema científico é aquele relacionado a ciência e sociedade, e está relacionado com variáveis que podem ser observadas ou testadas.	
A8: Como um problema é um tipo de indagação, o problema científico é qualquer situação não resolvido sendo objeto de discussão em qualquer domínio do conhecimento.	
A10: Um problema científico é que possui várias incógnitas a serem respondidas através de pesquisas.	
A12: É um problema baseado em na ciência, que soluciona com pesquisas e testes.	
A14: Problemas que necessitam do conhecimento científico para serem respondidos	

Fonte: A autora

Quadro 13 - Indicadores de categorias para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a terceira pergunta

Questão 3: O que é um problema?	
Respostas:	Categorias:
A1: Algo que geralmente traz transtornos a sociedade ou ao indivíduo. Consequentemente gerando agravações, talvez no meio econômico, social ou ambiental.	 
A2: Problema é tudo aquilo que pode se indagar e questionar, não necessariamente sendo um problema científico.	
A5: Um problema é uma circunstância ou um questionamento o que inclua a possibilidade de uma alternativa, tendo uma solução final ou não.	

<p>A6: Problema é algo que surge por meio de curiosidade, suposições e observações. Por meio disto eu pode-se construir um problema que pode acarretar em novos problemas justamente porque há curiosidade em saber, saber comum, científico ou tecnológico.</p>	
<p>A7: É uma pergunta um pouco difícil e complexa de ser respondida, visto que depende muito da área e do contexto envolvido. Mas acredito que um problema, de um modo geral, é tudo aquilo que necessita de uma solução ou uma alternativa. Por exemplo, alguma questão social que precisa ser solucionada, que inclusive pode ser alvo de pesquisas acadêmicas.</p>	 
<p>A:10 De acordo com o que tenho conhecimento, um problema, no sentido social e filosófico é algo que perturba um estado de harmonia, que deve ser ponderado para se encontrar uma solução, se esta existir. Já na matemática, tem significado neutro, já que todo cálculo é um problema, e que sempre terá uma resolução, um resultado, seja esta conhecido atualmente ou não. Já para quem vê o mundo por "olhos matemáticos", para tudo existe uma solução e todos os problemas podem ser resolvidos de forma lógica; não é como vejo.</p>	
<p>A16: É uma questão social a ser solucionada, podendo ser alvo de pesquisas científicas.</p>	 

Fonte: A autora

Quadro 14 - Indicadores de categoria para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a quarta pergunta

<p>Questão 4: O que são problemas complexos?</p>	
<p>Respostas:</p>	<p>Categorias:</p>
<p>A2: São problemas que vão além da fácil resolução, em que se exige que o pesquisador em questão vá mais a fundo em sua pesquisa. Tais problemas podem demorar meses para serem resolvidos, como por exemplo, a vacina contra o COVID-19</p>	 
<p>A4: São problemas que geram outros problemas conforme vai respondendo o problema inicial.</p>	 
<p>A5: Tratam-se de conjuntos de diversos fatores que geram pesquisas, análises e investigações criteriosas, dessa forma tornam-se mais "complicados" de serem resolvidos e além de que muitas vezes não possuem uma solução ou resposta final.</p>	 
<p>A6: Os "Problemas complexos" tratam-se do conjunto de diversos fatores combinados, ou seja, é um pouco mais difícil de resolver e as soluções precisam se encaixar. Além do mais, pode ocorrer de não encontrar uma solução definitiva para esses problemas, pois ao tentar resolver surgem novos questionamentos/problemas.</p>	 

A7: Um problema complexo é sistêmico, por meio deste tenta-se resolver problemas e surgem questionamentos, e aí pode ser que não haja uma resposta definitiva, é algo que gera sempre questionamentos.	 
A10: Um problema complexo é quando a abordagem lógica não funciona, porque existem vários fatores, normalmente sociais, que interagem entre si em rede, com efeitos imprevisíveis. Para problemas complexos são exigidas respostas complexas, ou seja, respostas que abranjam uma totalidade quase impossível.	 
A16: O problema complexo possui várias situações juntas, que pode ser um conjunto de problemas simples que porem, com várias variáveis e que possuem soluções.	 
A17: Problemas que englobam e necessitam de conhecimentos de mais de uma área para sua resolução	 

Fonte: A autora

Quadro 15 - Indicadores de categoria para as perguntas do questionário através da codificação aberta para a quinta pergunta

Questão 5: Como se resolve um problema?	
Respostas:	Categorias:
A1: Como dito anteriormente para resolução de um problema é necessário utilizar um método, de forma ordenada para obter uma conclusão final, seja ela definitiva ou não. Por exemplo, para a solução de um problema científico é necessário passar por várias etapas como: observação, problematização, formulação da hipótese, experimentação, análise dos resultados e conclusão.	
A2: Também considero essa pergunta um tanto quanto complexa, pois depende muito do contexto. Mas de uma forma geral, acredito que deve-se buscar soluções/alternativas que diminuam os aspectos negativos gerados por aquele problema, levando em consideração a ética e o bem estar de todos os envolvidos. Pois não adianta solucionar um problema e gerar outro.	 
A3: Sempre tentar analisar todos os pontos possíveis do problema em questão, assim consideramos que podemos observar atentamente para cada posição que o problema trás.	
A5: Primeiro, é necessário compreender o fenômeno do problema, posteriormente é necessário entender suas determinações para então propor uma sistematização de ações para a resolução.	
A7: Como preferir. Pode-se utilizar uma abordagem lógica, não importando os meios, apenas o resultado, como já diria Maquiavel. Ou pode-se adotar várias abordagens que beneficiem o todo, levando em consideração	 

todos os fatores; esta última alternativa é bem mais complexa e, muitas vezes, impossível, visto que tudo tende a entropia e aos extremos.	
A10: Bom depende do problema, têm problemas que se resolve em bases de conversas e outros com relação a trabalhos acadêmicos se resolve através de leituras de artigos científicos para se obter uma resposta concreta do problema.	
A13: Buscando fontes que discutem sobre a área que seu problema está enquadrado ou trabalhos próximos, uma metodologia que se encaixe e que seja eficaz para resolver seu problema e estabelecendo ligações possíveis do seu problema com outros já resolvidos.	
A15: Tal problema pode ser resolvido através da pesquisa. Visando resolver o problema, que muitas vezes afeta a sociedade, o pesquisador procura meios através da pesquisa em que se possa promover novas maneiras de solucionar tal problema, ou pelo menos embasando com seu trabalho outros pesquisadores da área.	

Fonte: A autora

Demonstra-se nessas tabelas, as respostas para as perguntas um e dois, que são respectivamente: Esse dado refere-se a esse estudo? Que categoria esse indicador se refere? Para que seja possível responder a terceira pergunta, que é o que está acontecendo? Utilizaremos o interacionismo simbólico de Hebert Blumer (1969). Durante os passos da *Grounded Theory*, Strauss e Corbin (1990) também se referem aos símbolos e suas interações para que sejam compreendidas as interações sociais entre as pessoas, porém optou-se pela utilização de Blumer (1969), por ser a fonte teórica primária desta perspectiva teórica.

O interacionismo simbólico é uma perspectiva teórica e metodológica, que se relaciona intimamente com a pesquisa qualitativa e a metodologia da G.T.

Baseia-se em três premissas:

- A primeira estabelece que os seres humanos agem em relação ao mundo fundamentando-se nos significados que este lhes oferece.
- A segunda se baseia no fato dos significados desses elementos serem provenientes da ou provocados pela interação social, que se mantém com as pessoas.
- A terceira descreve que tais significados são manipulados por um processo interpretativo, utilizado pela pessoa, ao se relacionar com os meios, os

quais entram em contato.

Na concepção de Blumer (1969), o pesquisador deve ser capaz de interagir com as pessoas que estão sendo pesquisadas, para que assim possa enxergar o mundo sob a ótica dessas pessoas e o seu contexto natural. Sobre esse processo dentro da pesquisa qualitativa o autor nos esclarece:

O estudo exploratório é o meio [...] para conseguir um conhecimento extenso e profundo da esfera da vida social e de desenvolver e acentuar a sua investigação. [...] Por seu caráter reflexivo, não está sujeito a nenhum conjunto de técnicas em particular, pode recorrer à observação direta, entrevistar pessoas, obter informações sobre a vida real, utilizar cartas e diários, consultar documentos públicos e organizar discussões de grupo. A finalidade da investigação exploratória é traçar um quadro em estudo, tão completo e preciso quanto permitem as condições vigentes [...]. A inspeção consiste em examinar o elemento analítico dado, considerando-o de diferentes ângulos, estabelecendo diversas perguntas e examinando novamente à luz das mesmas; em outras palavras, um exame detido e profundo [...]. A exploração e a inspeção representam a descrição e a análise e correspondem ao que se denomina investigação naturalista; um processo destinado a abordar o mundo empírico em seu caráter natural e contínuo, em lugar de se limitar a uma simulação do mesmo, uma abstração ou a sua substituição por uma imagem pré-estabelecida. (BLUMER, 1969, p. 33).

O autor compreende essa interação social, pesquisador e pesquisado, como um contexto contínuo de desenvolvimento social, por meio da vida grupal. Dessa maneira, entende-se que através das interações simbólicas do indivíduo dentro de um grupo preestabelecido, podemos definir sensações que fazem parte da leitura de mundo do mesmo.

É através dessas interações e das premissas de Blumer (1969), que se analisa a resposta dos alunos para terceira pergunta a ser respondida na codificação aberta, da *Grounded Theory*: Você lembra durante a graduação de ter resolvido problemas complexos voltados a área biológica?

Para a análise a pesquisadora separou para cada pergunta dois grupos, que possuem respostas similares (os alunos que nunca tiveram contato com a os problemas complexos, e os alunos que afirmam ter tido).

Segue a primeira relação:

Quadro 16 - Alunos que nunca tiveram contato com problemas complexos

Respostas dos alunos que nunca tiveram contato/não sabem/ou não se lembram ter visto problemas complexos na graduação
A1: Não me vem à cabeça agora algum problema complexo. Porque não sei dizer se sei o que é um problema complexo.
A4: Eu não sei o que é um problema complexo, então não sei se já resolvi.
A9: Não tenho certeza do que é um problema complexo, portanto não sei responder
A11: Lembro-me de resolver problemas com soluções definitivas, chegando a uma conclusão final, como por exemplo cálculos matemáticos e físicos. Porém problemas complexos que geram novos questionamentos e não possuem uma solução final, ainda não tive a oportunidade de vivenciar.
A12: Infelizmente não me lembro de ter resolvido problemas complexos voltados a área de Biologia durante a graduação. Porém, pode acontecer que eu tenha resolvido sim, mas ainda não tenho base suficiente para distinguir que aquilo de fato era um problema complexo.

Fonte: A autora

Quadro 17- Alunos que tiveram contato com problemas complexos

Resposta dos alunos que já tiveram contato/ ou sabem o que é um problema complexo
A7: Sim, nas disciplinas de Projeto interdisciplinar, todos os projetos tem resolução de algum problema
A15: Sim, lembro de alguns problemas que foram levantados para a elaboração de artigos e trabalhos.
A20: Normalmente no APCC (Aulas práticas como componente curricular)

Fonte: A autora

Quadro 18 - Análise das respostas dos problemas complexos pela pesquisadora

Análise da Pesquisadora
A1: Por que o aluno A1 não sabe o que é um problema complexo? O que faltou para que ele soubesse distinguir um problema complexo?
A4; A9 De onde vêm essa dúvida? E qual o motivo da dificuldade?
A11: Qual é o ensino que foi oferecido a esse aluno? O que faz ele saber distinguir que já resolveu problemas lineares, mas problemas complexos ainda não? De onde surgiu essa concepção?
A12: De onde surgiu a dúvida? Se ele não sabe o que é o problema complexo? De que maneira ele poderia ter essa compreensão?
A7, A15, A20: Por que esses estudantes criaram estruturas cognitivas que permitiram a compreensão dos problemas complexos, e seus colegas não, visto que são da mesma Universidade, e frequentam as mesmas disciplinas?

Fonte: A autora

Observa-se, que os alunos atribuem significados quando deram as respostas. Segundo Strauss e Corbin (1990), o pesquisador pode levantar comparações teóricas, de modo a ser direcionado a novas amostragens teóricas.

Seguindo assim para a análise da terceira pergunta. O que está acontecendo com o aluno A1? Através da sua resposta percebe-se que, ele não sabe dizer o que é um problema complexo, porque ele não lembra, ou ele não sabe realmente o que é um problema complexo, de modo que ele se limita por

não ter o conhecimento científico para embasar sua resposta, mas talvez, se tivesse uma alguma coisa a mais envolvida, ele poderia compreender, como ele mesmo salienta, “eu não sei o que é um problema complexo” O que então poderia ser feito para que ele compreendesse? A resposta para esta pergunta se encontra no último capítulo desta dissertação.

O aluno A4, não sabe o que é um problema complexo, e traz uma resposta incisiva, “eu não sei o que é um problema complexo, então não sei se já resolvi”. De forma similar ao aluno A9, que não sabe se já respondeu por que ele não sabe o que significa o termo, nos mostrando falta de conhecimento teórico sobre o tema.

A resposta do aluno A11, nos leva a reflexão da importância de se estabelecer relações complexas, já que o mesmo afirma que ele lembra que resolveu problemas matemáticos e físicos, mas que os complexos ele ainda não vivenciou, percebe-se que, mesmo não tendo essa concepção ele sabe que problemas que são resolvidos meramente com aplicação de fórmulas não são complexos.

O aluno A12 demonstra que não sabe, mas que sim, ele pode ter visto na graduação, o que nos leva ao entendimento de que se o mesmo viu, faltou alguma estruturação do conhecimento para que conseguisse lembrar e formular a sua resposta. Nesse sentido surge a dúvida, eu não sei se eu vi, mas sim talvez eu tenha visto, mas como eu não aprendi, eu não tenho como dar uma resposta que seja satisfatória.

Em contrapartida, na análise das respostas dos alunos que já resolveram problemas complexos temos o aluno A7 que afirma que já resolveu problemas complexos na disciplina de Projeto Interdisciplinar, e quem em todos os projetos que são desenvolvidos por eles, é necessário a resolução de algum um tipo de problema complexo. O que isso nos mostra? Que durante o decorrer da disciplina, que está presente em todos os anos da graduação, ele estruturou o conceito de complexidade, e sabe diferenciá-lo de um problema bem estruturado.

O aluno A15 e o aluno A 20 destacam que sim, que eles sabem o que é um problema complexo, e que já resolveram em situações e debates levantados na discussão de trabalhos e artigos, e na disciplina de APCC (aulas práticas como componente curricular). É possível à verificação que as disciplinas

ministradas no curso, foram de fundamental importância para que o conceito fosse enraizado e pudesse vir à tona, quando questionados sobre o assunto. Para estes, não existe a dúvida, eles possuem a certeza que tem familiaridade com o tema.

Essas respostas nos remetem ao interacionismo simbólico de Blumer (1969), ao estudarmos as premissas propostas por ele e que foram descritas acima, conseguimos entender por que mesmo vivendo em um mesmo ambiente grupal, encontramos respostas divergentes do mesmo tema. A forma como o indivíduo se relaciona com o ambiente onde vive, reflete os fenômenos observados e descritos por eles.

Os seres humanos agem em relação ao mundo, e se fundamentam em relação aos significados que o mundo lhes oferece (BLUMER, 1969). Os alunos que não sabem, ou não lembram se já tiveram contato com problemas complexos, possuem essa visão porque, o ambiente social que o mesmo faz parte, ainda não o apresentou o tema, a forma como ele age, responde e se comporta diante a essa questão, reflete o fato de não absorvido aquele conhecimento, por não fazer parte do seu convívio diário, ou do grupo o qual ele pertence, e então entramos na segunda premissa.

Neste momento podemos levantar vários motivos e suposições desse grupo em si, por não ter se apropriado desses conceitos. Pode ser um uma situação econômica, cultural, por nível de maturidade, por falta de interesse, por falta de estudo, enfim, são várias as motivações para a falta de apropriação.

A terceira premissa de Blumer (1969), diz que tais significados são manipulados por um processo interpretativo e por este modificado, que são utilizados pela pessoa ao se relacionar com os elementos em que entra em contato. O aluno pode não ter criado meios para a concepção dos conceitos abordados, mas segundo o autor, esse processo é evolutivo e não impede que com mais informações e estratégias tenhamos novas formulações e ideias, que antes não foram concebidas.

Blumer (1969) define a interação como um processo por meio do qual a vida grupal está em contínuo desenvolvimento, apresentando mudanças, e que estas mudanças dependem dos esquemas de interpretação usadas por esses indivíduos.

Vemos acima um caminho analítico, percorrido pelos alunos, que

possibilita que a pesquisadora identifique os novos códigos que farão parte do processo da codificação axial.

A seguir, apresentamos a análise do questionamento o que está acontecendo para as demais perguntas do questionário.

Quadro 19 - Busca de fragmentos para a análise das respostas
O que é um problema científico?

A2: É uma situação que leva há uma discussão desse problema e a busca de soluçona-lo [...]
A5: Um problema científico é um objeto de estudo de pesquisa científica, o qual ainda não foi satisfatoriamente respondido [...]
A3: Um problema científico se baseia em algo em que o pesquisador vai se basear para fazer sua pesquisa. Um problema que possivelmente nenhuma outra pessoa tenha pesquisado em cima [...]
A6: Acredito que um problema científico é aquele relacionado a ciência e sociedade, e está relacionado com variáveis que podem ser observadas ou testadas.
A8: Como um problema é um tipo de indagação, o problema científico é qualquer situação não resolvido sendo objeto de discussão em qualquer domínio do conhecimento.
A10: Um problema científico é que possui várias incógnitas a serem respondidas através de pesquisas.
A12: É um problema baseado em na ciência, que soluciona com pesquisas e testes.
A14: Problemas que necessitam do conhecimento científico para serem respondidos.

Fonte: A autora

Quadro 20 - Análise da resposta 2

Análise da pesquisadora
Ao analisar as respostas dadas pelos estudantes, A2; A3; A5; A6; A8; A10; A12 e A14 , é possível perceber que todos têm uma concepção de metodologia científica, de experimentação e testes. Pois na formulação das respostas e nas entrelinhas observa-se que existe domínio do tema. O que segundo o interacionismo de Blummer, reflete o ambiente grupal o qual os alunos estão inseridos. Eles possuem uma familiaridade maior com o conceito de problema científico, uma vez que durante a graduação são colocados frente aos mesmos e estudam e analisam diversos artigos científicos, o que lhes dá a base para que tenham uma resposta sólida diante desse questionamento.

Fonte: A autora

Quadro 21 - Busca de fragmentos para a análise das respostas da pergunta 3

O que é um problema?
A1: Algo que geralmente traz transtornos a sociedade ou ao indivíduo. Consequentemente gerando agravações, talvez no meio econômico, social ou ambiental.
A2: Problema é tudo aquilo que pode se indagar e questionar, não necessariamente sendo um problema científico.
A5: Um problema é uma circunstância ou um questionamento que inclua a possibilidade de uma alternativa, tendo uma solução final ou não.
A6: Problema é algo que surge por meio de curiosidade, suposições e observações. Por meio disto pode-se construir um problema que pode acarretar em novos problemas justamente porque há curiosidade em saber, saber comum, científico ou tecnológico.
A7: É uma pergunta um pouco difícil e complexa de ser respondida, visto que depende muito da área e do contexto envolvido. Mas acredito que um problema, de um modo geral, é tudo aquilo que necessita de uma solução ou uma alternativa. Por exemplo, alguma questão social que precisa ser solucionada, que inclusive pode ser alvo de pesquisas acadêmicas.
A:10 De acordo com o que tenho conhecimento, um problema, no sentido social e filosófico é algo que perturba um estado de harmonia, que deve ser ponderado para se encontrar uma solução, se esta existir. Já na matemática, tem significado neutro, já que todo cálculo é um problema, e que sempre terá uma resolução, um resultado, seja esta conhecido atualmente ou não. Já para quem vê o mundo por "olhos matemáticos", para tudo existe uma solução e todos os problemas podem ser resolvidos de forma lógica; não é como vejo.
A16: É uma questão social a ser solucionada, podendo ser alvo de pesquisas científicas.

Fonte: A autora

Quadro 22 - Análise das respostas dos fragmentos

Análise da Pesquisadora
A1; A16: Por que os estudantes possuem esse olhar mais voltado para os problemas sociais? De que forma isso contribui na formulação dessa resposta?
A2; A5; A7; A10: Percebe-se uma noção de diferentes tipos de problemas existentes, e suas possíveis soluções.
A6: De que forma a curiosidade influencia na resolução de um problema? Como se estrutura um problema?

Fonte: A autora

Ao nos depararmos com as respostas dos estudantes A1 e A16, constatamos ao serem questionados sobre o que é um problema? A resposta aparece em uma vertente mais social, uma visão mais ampla de mundo, que não abarca apenas um problema dentro de um ambiente científico e filosófico, mas fora deles.

Esses alunos criaram concepções de significado, que vão além da dimensão humana, é o que Layder (1993) chama de aspectos subjetivos da vida social. É através dessa experiência de vida que se constroem os significados.

Esses significados dentro do curso de graduação em Biologia surgem através das metodologias utilizadas dentro das disciplinas. A visão de Ciência Tecnologia e Sociedade, de Alfabetização Científica e Tecnológica, são vertentes que corroboram para essa conscientização e visão mais crítica de um problema e suas ramificações.

Os estudantes A2; A5; A7; A10 possuem estruturas cognitivas que os levam a definir que o problema pode existir de inúmeras maneiras, e que suas soluções podem ou não existir. Na visão do interacionismo simbólico é produto das experiências subjetivas e intersubjetivas dos indivíduos.

Segundo Mendonça (2001, p. 56), “os pressupostos epistemológicos do interacionismo simbólico enfatizam a natureza e a modelagem dos símbolos através dos quais os indivíduos negociam suas realidades sociais”. Assim, os conhecimentos gerados são vistos como sendo relativo e específico para o contexto e a situação imediata da qual ela é gerada, construindo uma “teoria substantiva”.

Na análise do estudante A6, um problema surge através da curiosidade, da observação e da suposição. O que nos remete, a algumas passagens do método científico. É como se o estudante se recordasse dos principais problemas da ciência e o que levou os cientistas a sua descoberta. De um fato observável, de uma situação hipotética e curiosa, podemos estruturar um problema.

De acordo com Coulon (1995) o interacionismo simbólico é um lugar teórico para o sujeito social como intérprete do mundo, pondo em prática, com isso, métodos de pesquisa que privilegiam o ponto de vista desses sujeitos. É a partir do interacionismo simbólico que pesquisador e pesquisado se conhecem e surgem as estruturações da teoria fundamentada em dados.

Quadro 23 - Busca de fragmentos para a análise das respostas para a pergunta 4

O que são problemas complexos?
A2: São problemas que vão além da fácil resolução, em que se exige que o pesquisador em questão vá mais a fundo em sua pesquisa. Tais problemas podem demorar meses para serem resolvidos, como por exemplo, a vacina contra o COVID-19
A4: São problemas que geram outros problemas conforme vai respondendo o problema inicial.
A5: Tratam-se de conjuntos de diversos fatores que geram pesquisas, análises e investigações criteriosas, dessa forma tornam-se mais "complicados" de serem resolvidos e além de que muitas vezes não possuem uma solução ou resposta final.
A6: Os "Problemas complexos" tratam-se do conjunto de diversos fatores combinados, ou seja, é um pouco mais difícil de resolver e as soluções precisam se encaixar. Além do mais, pode ocorrer de não encontrar uma solução definitiva para esses problemas, pois ao tentar resolver surgem novos questionamentos/problemas.
A7: Um problema complexo é sistêmico, por meio deste tenta-se resolver problemas e surgem questionamentos, e aí pode ser que não haja uma resposta definitiva, é algo que gera sempre questionamentos.
A10: Um problema complexo é quando a abordagem lógica não funciona, porque existem vários fatores, normalmente sociais, que interagem entre si em rede, com efeitos imprevisíveis. Para problemas complexos são exigidas respostas complexas, ou seja, respostas que abrangem uma totalidade quase impossível.

A16: O problema complexo possui várias situações juntas, que pode ser um conjunto de problemas simples que porem, com várias variáveis e que possuem soluções.

Fonte: A autora

Quadro 24 - Análise das respostas

Análise da Pesquisadora
A2: Quais fatores levaram esse estudante a relacionar a Covid-19 como um problema complexo real?
A4;A5 Problemas bem estruturados não geram outros problemas?
A6; A7; A16 Por que os problemas complexos são mais difíceis de resolver? O que seriam essas várias situações juntas?
A10: O que seria essa totalidade impossível?

Fonte: A autora

O estudante A2 possui uma definição concreta de problemas complexos, de modo que ele consegue até citar um exemplo, uma situação real vivenciada por todos: a corrida da vacina da covid-19, o que nos remete a uma simbologia “problemas complexos”. O que segundo Blummer (1969) é um símbolo que remete a uma experiência vivida pelo indivíduo, tornado o processo mental consciente dessa significação.

Já os estudantes A4 e A5 colocam que “são problemas que geram outros problemas” e são “mais complicados”. Inconscientemente, estão fazendo a distinção de problemas bem estruturados e mal estruturados. Ao colocarem que geram outros problemas, se referem ao fato de que um problema complexo envolve vários conceitos e caminhos, e mais complicados no sentido de que sua resolução demanda um conhecimento teórico além do conceito chave central do problema. Essas concepções são fruto das atividades em grupo desses indivíduos, do meio em que vivem, e das pessoas com quem se relacionam. Para Blumer (1969) as relações sociais são vistas como algo aberto e subordinado ao reconhecimento contínuo por parte dos membros da comunidade e não como algo estabelecido de uma vez por todas. De modo que, durante a resposta nesta pergunta ainda não possuíam uma conclusão realista dos problemas complexos, mas possuem estruturas que podem ser modificadas e conduzidas para uma significação.

Para os estudantes A6; A7; A16, os problemas complexos são mais difíceis de resolver. Mais difíceis em que sentido? No sentido em que não possuem uma solução analítica pré-definida, é uma situação aberta que demanda conhecimentos de outras áreas, que é trazido por um dos estudantes como “várias situações juntas”. Neste sentido, assim como na análise dos

estudantes anteriores, nota-se que os mesmos, por mais que não tenham uma concepção definida e sólida, conseguem distinguir diferentes tipos de problemas, de alguma forma tiveram contato com o conceito discutido.

Haguette (1995) enfatiza os aspectos mais estruturais na determinação da conduta, os quais dependem das definições sociais que são aprendidas sobre os objetos. Isto é, as atitudes em relação aos objetos do meio, positivas ou negativas, seriam uma consequência dos significados pelos quais as pessoas aprendem a designá-los e criar assim as estruturas de cognição, as simbologias e a iteração com o meio.

Quando se analisa o estudante A10, observamos a relação descrita pelo autor já citado, uma vez que a resposta do indivíduo possui relação direta com o objeto no meio “problemas complexos”, e a ação descrita é um reforço, mesmo que para ele, os problemas complexos possuam respostas quase impossíveis de serem alcançadas, o que é uma atitude do ponto de vista interacionista dita negativa, ele tem uma definição clara e subjetiva da pergunta.

Quadro 25 - Busca de fragmentos para a análise das respostas para a pergunta 5

Como se resolve um problema?
A1: Como dito anteriormente para resolução de um problema é necessário utilizar um método, de forma ordenada para obter uma conclusão final, seja ela definitiva ou não. Por exemplo, para a solução de um problema científico é necessário passar por várias etapas como: observação, problematização, formulação da hipótese, experimentação, análise dos resultados e conclusão.
A2: Também considero essa pergunta um tanto quanto complexa, pois depende muito do contexto. Mas de uma forma geral, acredito que deve-se buscar soluções/alternativas que diminuam os aspectos negativos gerados por aquele problema, levando em consideração a ética e o bem estar de todos os envolvidos. Pois não adianta solucionar um problema e gerar outro.
A3: Sempre tentar analisar todos os pontos possíveis do problema em questão, assim consideramos que podemos observar atentamente para cada posição que o problema trás.
A5: Primeiro, é necessário compreender o fenômeno do problema, posteriormente é necessário entender suas determinações para então propor uma sistematização de ações para a resolução.
A7: Como preferir. Pode-se utilizar uma abordagem lógica, não importando os meios, apenas o resultado, como já diria Maquiavel. Ou pode-se adotar várias abordagens que beneficiem o todo, levando em consideração todos os fatores; esta última alternativa é bem mais complexa e, muitas vezes, impossível, visto que tudo tende a entropia e aos extremos.
A10: Bom depende do problema, têm problemas que se resolve em bases de conversas e outros com relação a trabalhos acadêmicos se resolve através de leituras de artigos científicos para se obter uma resposta concreta do problema.
A13: Buscando fontes que discutem sobre a área que seu problema está enquadrado ou trabalhos próximos, uma metodologia que se encaixe e que seja eficaz para resolver seu problema e estabelecendo ligações possíveis do seu problema com outros já resolvidos.
A15: Tal problema pode ser resolvido através da pesquisa. Visando resolver o problema, que muitas vezes afeta a sociedade, o pesquisador procura meios através da pesquisa em que se possa promover novas maneiras de solucionar tal problema, ou pelo menos embasando com seu trabalho outros pesquisadores da área.

Fonte: A autora

Para esta pergunta as respostas serão analisadas em um contexto mais geral, uma vez que várias respondem se complementam, sendo mais fácil a compreensão da escrita sobre as interações propostas pela pesquisadora. O estudante A1 coloca que para resolver esse tipo de problema é importante a utilização do método científico, mostrando a importância dessa abordagem dentro das universidades, para que haja esta estrutura cognitiva e essa interação simbólica com o conceito. Pois ao se deparar com um problema dessa magnitude o indivíduo terá condições de traçar meios para chegar a sua resolução.

O estudante A2 possui outra visão de problema complexo, totalmente diferente do colega que possui a visualização dos passos para resolução. Para este um problema para ser complexo depende do contexto, e para resolvê-lo é necessário um meio de diminuir o impacto negativo que este vier a causar. Esta visão novamente aparece durante as análises, que é uma visão de Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS). Uma vez que se refere ao problema social, e a ética dentro da resolução.

Tanto para o estudante A1 quanto o A2, conclui-se que quando o indivíduo se identifica com tais símbolos é que se torna consciente do seu significado, e das relações dos significados com os processos mentais. E essas relações emergem de diferentes maneiras, nos mais variados organismos.

Já os estudantes A3; A5; A7; A10; A13 e A15 possuem respostas parecidas ao colocarem que para resolver um problema complexo, se analisa o tipo de problema, se identifica os caminhos de uma possível resolução. E para a pesquisadora a condição mais importante que emerge dessas respostas é que para a resolução destes problemas, se exige pesquisa sobre o tema conceituado.

O que evidencia que sim, eles sabem o que é um problema complexo, e sabem que para chegar a uma solução, necessitam conhecer o todo, e que o caminho é a investigação e a pesquisa científica.

Desse modo, um objeto pode possuir diferentes significados, cada pessoa em sua atividade grupal, terá uma concepção diferente para um mesmo objeto, e vai criar estruturas simbólicas de acordo com as pessoas com quem interage. Os objetos então, se constituem daquilo que o homem pode ver e conhece, e a natureza desse meio vai gerar os símbolos. Em função disso,

dentro de uma mesma universidade, com os mesmos professores, alunos e disciplinas podem ter indivíduos em espaços geográficos distintos, com significações diferentes sobre um mesmo objeto.

4.1.7 Codificação axial para a primeira pergunta do questionário

Segundo Strauss e Corbin (1990), a codificação axial da forma e desenvolve os conceitos que serão alicerce para a construção da teoria fundamentada em dados.

Para a construção dessa etapa, a pesquisadora tem como ponto de partida o seu referencial teórico, que se encontra em Edgar Morin, e a teoria da complexidade. Visto que o objeto de estudo são os problemas complexos presentes no livro texto do Halliday, que dão o direcionamento ao problema de pesquisa proposto nesta dissertação: “Quais relações de aprendizagem podem ser construídas com estudantes de licenciatura em biologia partindo da discussão de problemas complexos de fluídos do Halliday”?

Na codificação axial, estruturam-se os dados que surgiram na codificação aberta, e ao agrupá-los surgem novas categorias (subcategorias), e estas apontam como resolver problemas complexos do Halliday.

Lembrando que ainda nesta etapa, as categorias de análise que estão sendo discutidas são as que surgiram em decorrência da análise do título desta pesquisa.

Durante a análise da codificação aberta, em relação a primeira resposta dada pelos alunos no questionário, separou-se uma resposta dada pelo aluno A3: “Não me recordo, porém se envolver pesquisa não finalizada que poderá ser resolvida de acordo com os resultados, sim” que anteriormente não foi utilizada, porque no momento dos questionamentos feitos ela não se encaixava nas categorias (formação de professores, resolução de problemas, problemas complexos), porém será utilizada neste segundo passo, pois a partir dela a pesquisadora encontrou uma categoria de análise que corrobora para a o entendimento dos alunos de como resolver problemas complexos.

Nesta etapa consiste em um conjunto de procedimentos que são reorganizados através do estabelecimento de relações entre as categorias, na qual surgirá uma categoria dita central, e as outras serão subordinadas a mesma.

E desse processo que surge fenômeno de estudo. Vale salientar que as categorias e subcategorias não são fixas, ela pode mudar de acordo com a visualização do investigador mediante o processo de análise dos dados.

Novamente para todas as respostas, se usa os questionamentos que foram feitos na codificação aberta, se ainda assim os dados forem de crucial importância seus fragmentos são analisados, se não se encaixarem nessa etapa, são descartados.

Quadro 26 - Codificação axial para a primeira pergunta

Codificação aberta	Códigos/Categorias	Codificação axial/subcategorias
A1: ... Porque não sei dizer se sei o que é um problema complexo.	Preocupação em não saber.	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa  • Investigação  • Conhecimento teórico 
A3: Não me recordo, porém se envolver pesquisa não finalizada que poderá ser resolvida de acordo com os resultados, sim	O que faltou para que tivesse uma concepção do problema complexo?	
A9: Não tenho certeza do que é um problema....		
A11:Porém problemas complexos que geram novos questionamentos e não possuem uma solução final, ainda não tive a oportunidade de vivenciar.	O que o faz ter essa concepção de problema complexo, se ainda não resolveu nenhum?	
A12: ...não tenho base suficiente para distinguir que aquilo de fato era um problema complexo.	O que daria essa base?	
A15: Sim, lembro de alguns problemas que foram levantados para a elaboração de artigos e trabalhos	As disciplinas sendo as mesmas para todos os alunos, o que poderia ser utilizado para enraizar essa concepção?	
A20: Normalmente no APCC (Aulas práticas como componente curricular)	Importância de disciplinas que instiguem a criticidade e desenvolvimento do aluno.	

Fonte: A autora

Quadro 27 - Categorias emergentes

Categorias Codificação aberta	Categorias codificação axial
  	  

Fonte: A autora

Ao se analisar os códigos que surgem na codificação axial temos, a pesquisa, o conhecimento teórico e a investigação, a pesquisa e a investigação surgiram do fato de muitos alunos serem enfáticos e dizerem não sei, se já

respondi por que não sei o que é um problema complexo. E conhecimento teórico pela falta de conhecimento sobre o tema.

4.1.8 Codificação axial para a segunda pergunta

Quadro 28 - Codificação axial para a segunda pergunta

Codificação aberta	Códigos/Categorias	Codificação axial/subcategorias
A6: Acredito que um problema científico é aquele relacionado a ciência e sociedade, e está relacionado com variáveis que podem ser observadas ou testadas.	Preocupação com as relações sociais e científicas	 Pesquisa
A12: É um problema baseado na ciência, que soluciona com pesquisas e testes.	Ciência como meio de validação de dados;	
A14: Problemas que necessitam do conhecimento científico para serem respondidos	Pesquisa como ferramenta para fundamentação de dados	

Fonte: A autora

Quadro 29 - Categoria emergente

Categoria emergente
Pesquisa 

Fonte: A autora

A categoria emergente neste processo foi a pesquisa, como sinaliza os indicadores dos códigos na codificação aberta.

4.1.9 Codificação axial para a terceira pergunta

Quadro 30 - Codificação axial para a terceira pergunta

Codificação aberta	Códigos/Categorias	Codificação axial/subcategorias
A1: Algo que geralmente traz transtornos a sociedade ou ao indivíduo. Consequentemente gerando	Preocupação com a situação social;	

agravações, talvez no meio econômico, social ou ambiental.	Impactando várias esferas da vida	 Questão Social  Pesquisa  Curiosidade
A6: Problema é algo que surge por meio de curiosidade, suposições e observações. Por meio disto eu pode-se construir um problema que pode acarretar em novos problemas justamente porque há curiosidade em saber, saber comum, científico ou tecnológico.	Curiosidade durante a resolução Método científico Diferentes saberes	
A7: É uma pergunta um pouco difícil e complexa de ser respondida, visto que depende muito da área e do contexto envolvido. Mas acredito que um problema, de um modo geral, é tudo aquilo que necessita de uma solução ou uma alternativa. Por exemplo, alguma questão social que precisa ser solucionada, que inclusive pode ser alvo de pesquisas acadêmicas.	Diferentes contextos; Problema Social; Problema/ alvo de pesquisas	
A16: É uma questão social a ser solucionada, podendo ser alvo de pesquisas científicas.	Pesquisa científica Questão Social	

Fonte: A autora

Quadro 31 - Categorias emergentes

Categorias emergentes	
Questão Social	
Pesquisa	
Curiosidade	

Fonte: A autora

As categorias emergentes citadas acima foram definidas ao se analisar as respostas dos estudantes. Vários deles relacionaram o problema como uma questão social, que atinge a sociedade nas mais diversas esferas. A pesquisa surgiu durante a análise, pois os estudantes colocam que um problema para ser resolvido envolve pesquisa, e por último a curiosidade, os estudantes têm que ser instigados durante a resolução.

4.1.10 Codificação axial para a quarta pergunta

Quadro 32 - Codificação axial para a quarta pergunta

Codificação aberta	Códigos/Categorias	Codificação axial/subcategorias
A2: São problemas que vão além da fácil resolução, em que se exige que o pesquisador em questão vá mais a fundo em sua pesquisa. Tais problemas podem demorar meses para serem resolvidos, como por exemplo, a vacina contra o COVID-19	Exige-se pesquisa; Tempo maior de resolução; Problemas que exigem além da matemática	 Complexidade  Pesquisa  Conceitos múltiplos  Investigação
A4: São problemas que geram outros problemas conforme vai respondendo o problema inicial.	Ligação de mais de um problema; Solução inacabada.	
A5: Tratam-se de conjuntos de diversos fatores que geram pesquisas, análises e investigações criteriosas, dessa forma tornam-se mais “complicados” de serem resolvidos e além de que muitas vezes não possuem uma solução ou resposta final.	Geram pesquisas; Investigações criteriosas; Possuem vários caminhos, e soluções, ou nenhum caminho.	
A7: Um problema complexo é sistêmico, por meio deste tenta-se resolver problemas e surgem questionamentos, e aí pode ser que não haja uma resposta definitiva, é algo que gera sempre questionamentos.	Surgimento de vários questionamentos	
A10: Um problema complexo é quando a abordagem lógica não funciona, porque existem vários fatores, normalmente sociais, que interagem entre si em rede, com efeitos imprevisíveis. Para problemas complexos são exigidas respostas complexas, ou seja, respostas que abranjam uma totalidade quase impossível.	Problemas além da lógica matemática Fatores sociais; Múltiplas questões	
A16: O problema complexo possui várias situações juntas, que pode ser um conjunto de problemas simples que porem, com várias variáveis e que possuem soluções.	Diversos caminhos de resolução	
A17: Problemas que englobam e necessitam de conhecimentos de mais de uma área para sua resolução	Apresentam conhecimentos complexos	

Fonte: A autora

Quadro 33 - Categorias emergentes

Categorias emergentes	
	Complexidade
	Pesquisa
	Conceitos múltiplos
	Investigação

Fonte: A autora

Os indicadores da codificação axial para a pergunta o que são problemas complexos surgiram das respostas dadas pelos estudantes, indicando os códigos que nos levaram as categorias pesquisa, investigação, que são meios utilizados segundo os estudantes para definir um problema desta ordem, o estabelecimento do termo complexidade, ao se referirem ao problema “como diversos caminhos de resolução”, caindo no conceito de complexidade, e estabelecendo que estes problemas possuem conceitos múltiplos para se chegar na sua resolução.

4.1.11 Codificação axial para a quinta pergunta

Quadro 34 - Codificação axial para a quinta pergunta

Codificação aberta	Códigos/Categorias	Codificação axial/subcategorias
A5: Primeiro, é necessário compreender o fenômeno do problema, posteriormente é necessário entender suas determinações para então propor uma sistematização de ações para a resolução.	Delimitação dos passos; Agrupamento de conceitos	 Pesquisa
A10: Bom depende do problema, têm problemas que se resolve em bases de conversas e outros com relação a trabalhos acadêmicos se resolve através de leituras de artigos científicos para se obter uma resposta concreta do problema.	Identificação dos tipos de problemas; Leituras de artigos	
A13: Buscando fontes que discutem sobre a área que seu problema está		

enquadrado ou trabalhos próximos, uma metodologia que se encaixe e que seja eficaz para resolver seu problema e estabelecendo ligações possíveis do seu problema com outros já resolvidos.	Análise de trabalhos que abordem problemas com mesmo tema.	
A15: Tal problema pode ser resolvido através da pesquisa. Visando resolver o problema, que muitas vezes afeta a sociedade, o pesquisador procura meios através da pesquisa em que se possa promover novas maneiras de solucionar tal problema, ou pelo menos embasando com seu trabalho outros pesquisadores da área.	Várias maneiras de resolução; Pesquisa científica.	

Fonte: A autora

Quadro 35 - Categoria emergente

Categorias emergentes	
	Pesquisa

Fonte: A autora

A categoria emergente na codificação axial indica a pesquisa como principal meio para a resolução de problemas, por este motivo este indicador se destaca.

Logo em seguida, foi apresentada aos alunos uma aula expositiva, para contextualizar a complexidade, mostrando a diferença de problemas complexos e problemas lineares. O objetivo da pesquisadora foi gerar uma aula piloto em torno da complexidade, para que os alunos pudessem iniciar as estruturas cognitivas em torno do tema estudado. Para dar continuidade, foi estabelecido a proposta de os participantes assistirem o filme “Óleo de Lorenzo”, e a partir dele, extrair as relações complexas para serem discutidas na próxima aula.

Durante toda a aula os estudantes foram questionados, sobre conceitos complexos dentro da Biologia, de situações e problemas que eles conheciam do dia a dia, da sociedade etc. Neste momento não houve muita interação, pois não havia familiaridade com o tema.

4.1.12 segunda etapa da investigação: discussão dos conceitos complexos do filme óleo de Lorenzo na codificação aberta

Durante esta etapa, são seguidos os mesmos procedimentos da etapa anterior. E as perguntas utilizadas são as mesmas para todo o processo de análise.

- I. Esse dado se refere a esse estudo?
- II. Que categoria esse indicador se refere?
- III. O que está acontecendo?

Nesta atividade, a intenção era de incorporar o conceito de complexidade, durante o processo de formação do estudante e futuro professor de Biologia. Como as concepções dos estudantes eram baseadas na aula anterior e algumas experiências que já traziam do dia a dia, optou-se pela discussão dos mapas e redes.

O objetivo desta atividade se encontra na observação de um filme, que para muitos não chamaria atenção neste sentido mais amplo, explorando o conceito de complexidade, em um problema real vivenciado pela sociedade, e fazendo com que os estudantes criem estruturas cognitivas que os permitam discutir sobre o tema. O filme Óleo de Lorenzo foi escolhido por abordar diversos conteúdos biológicos e da saúde, sendo uma área conhecida pelos mesmos, facilitando as articulações e abstrações de conteúdo.

A aula ocorreu no dia 25 de setembro de 2020, com duração de aproximadamente 2h e 30 min. E as categorias de análise durante todo processo são as extraídas do título da pesquisa.

Quadro 36 - Indicadores de código de categorias da codificação aberta

Categorias de análise	
•	Formação de professores; 
•	Resolução de Problemas; 
•	Complexidade. 

Fonte: A autora

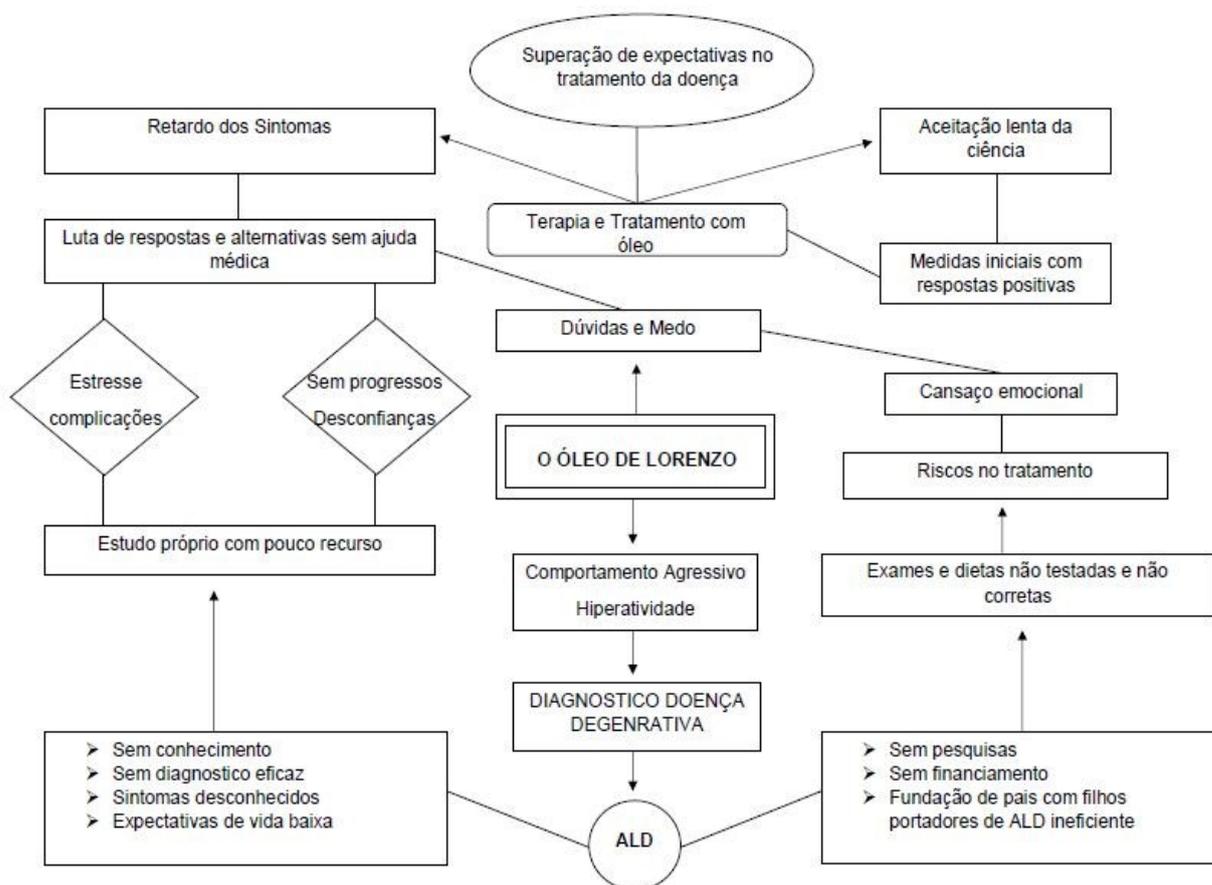
A discussão se iniciou com a pesquisadora instigando os estudantes a falarem sobre os conceitos complexos que foram visualizados no filme. Como toda a aplicação foi realizada durante a pandemia, os mapas foram elaborados até do dia 24/09/2020, e enviados na plataforma Moodle UTFPR, para que a mesma pudesse ter um panorama geral das concepções prévias.

Cabe ressaltar que orientamos os estudantes a construírem mapas conceituais, mas durante a entrega das atividades, surgiram mapas mentais, redes e fluxogramas, conversando com o professor orientador da turma, chegou-se a conclusão que não havia problema em não serem mapas conceituais, qualquer esquema de análise seria considerado.

Dos vinte e seis estudantes, apenas quinze fizeram o envio dos mapas, e a pesquisadora descartou aqueles que não atendiam nenhuma das perguntas para essa categoria, ficando apenas com nove mapas.

Abaixo segue os mapas que se referem a pergunta I: Esse dado se refere ao estudo?

Figura 5 - A1: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”



Fonte: A autora

Figura 6 - A3: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”

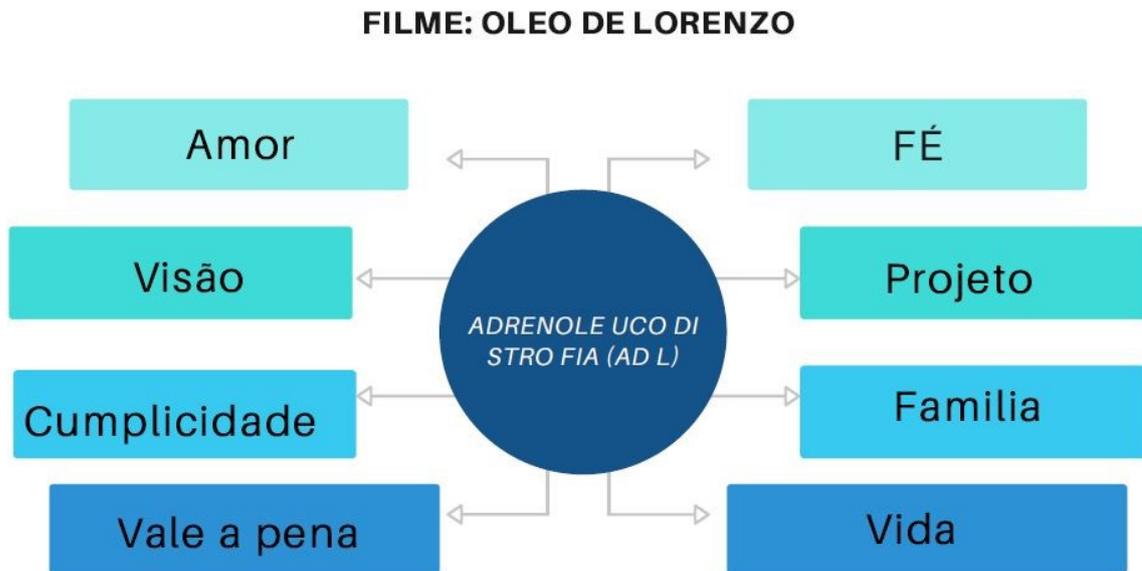
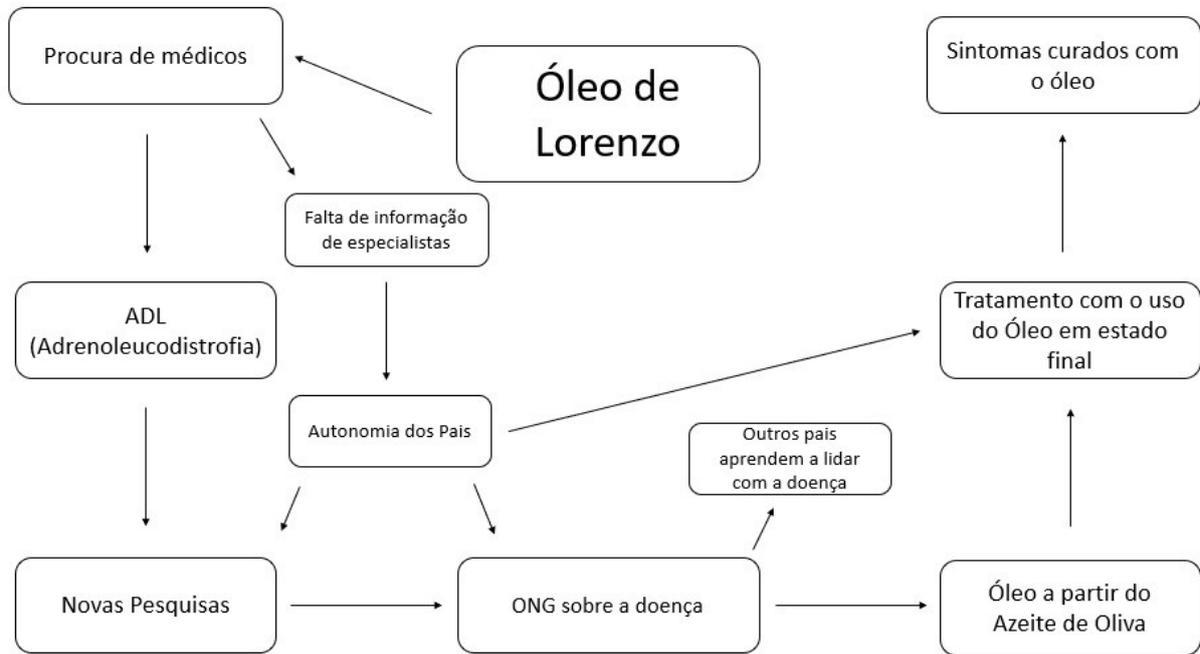
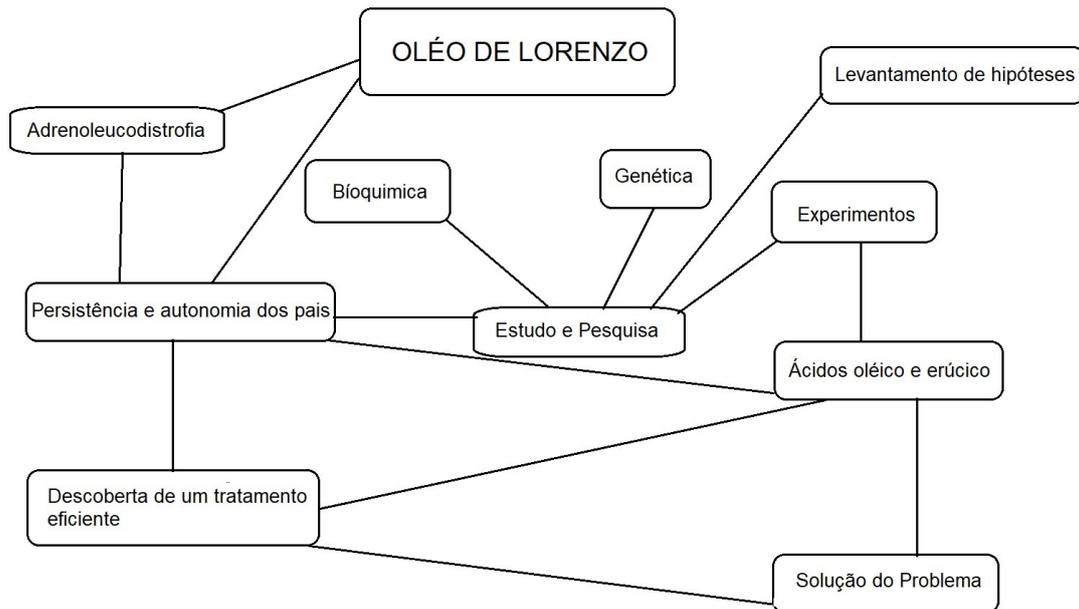


Figura 8 - A6: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”

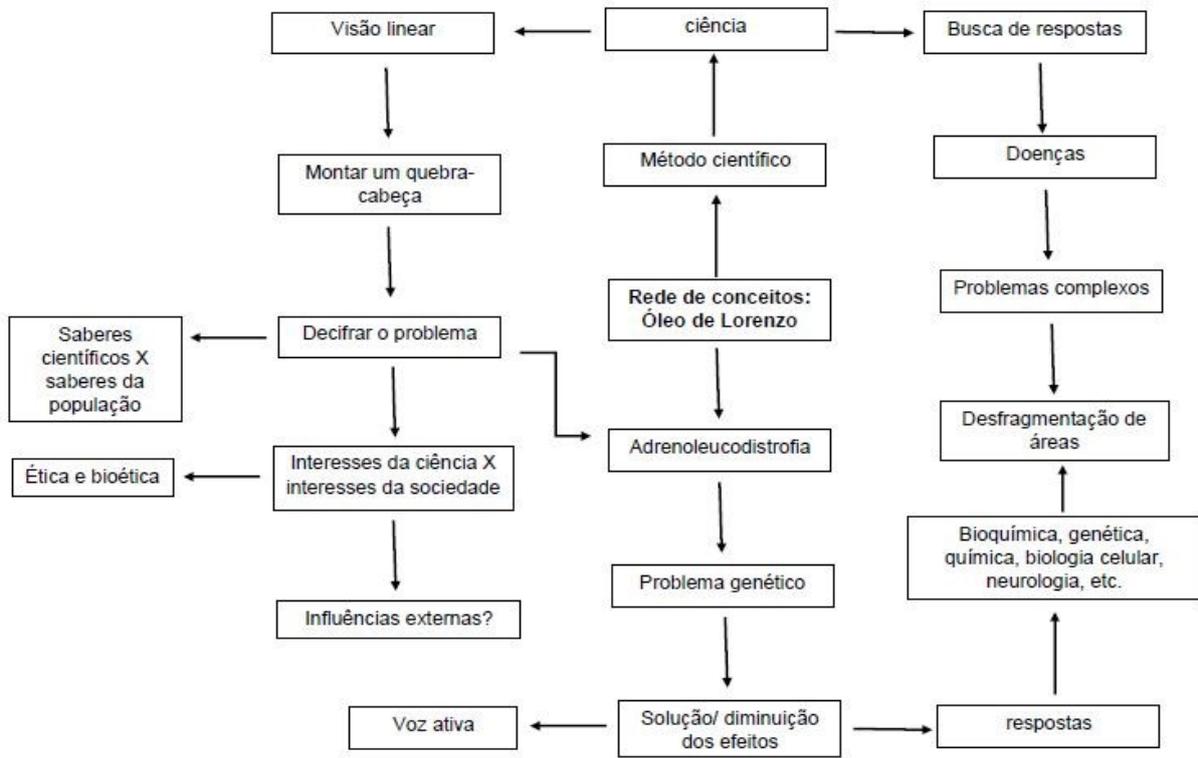


Fonte: A autora

Figura 9 - A9: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”

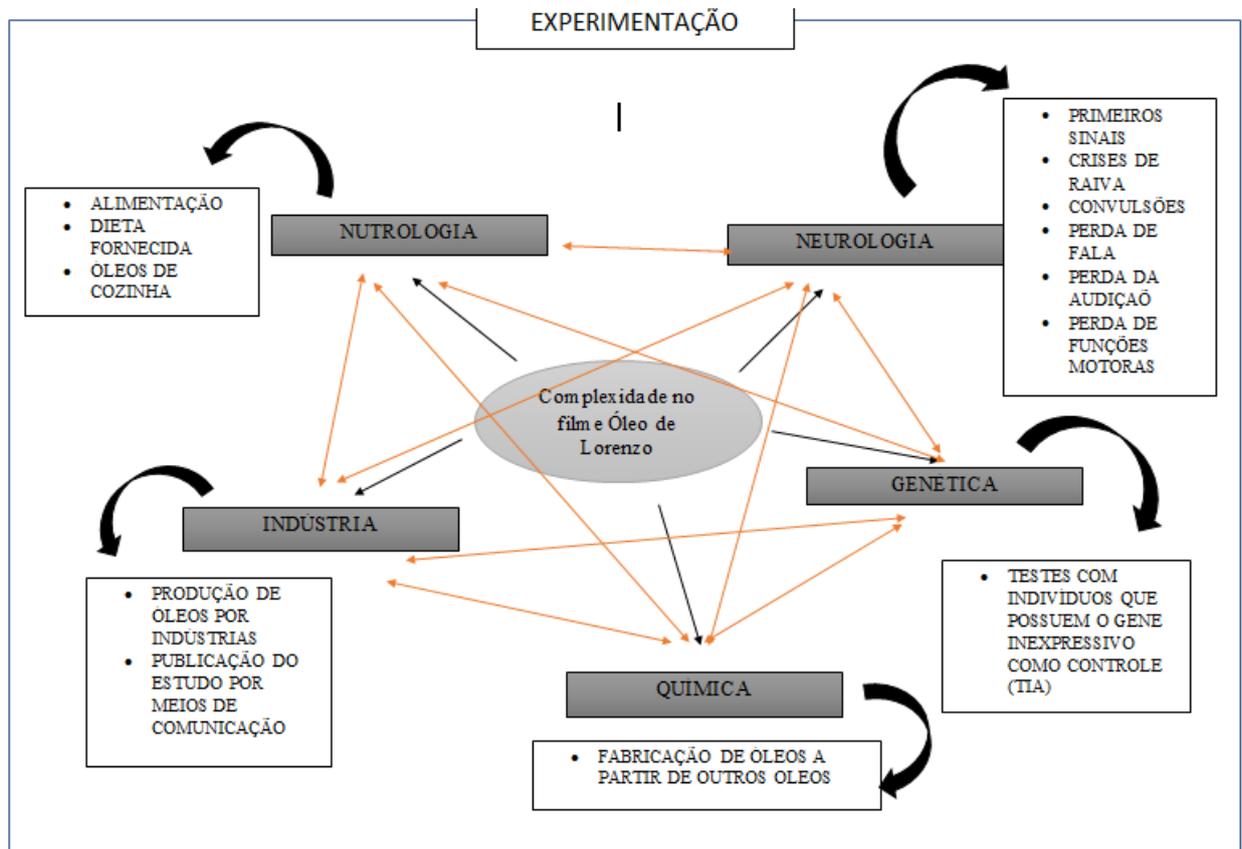
Fonte: A autora

Figura 10 - A10: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”



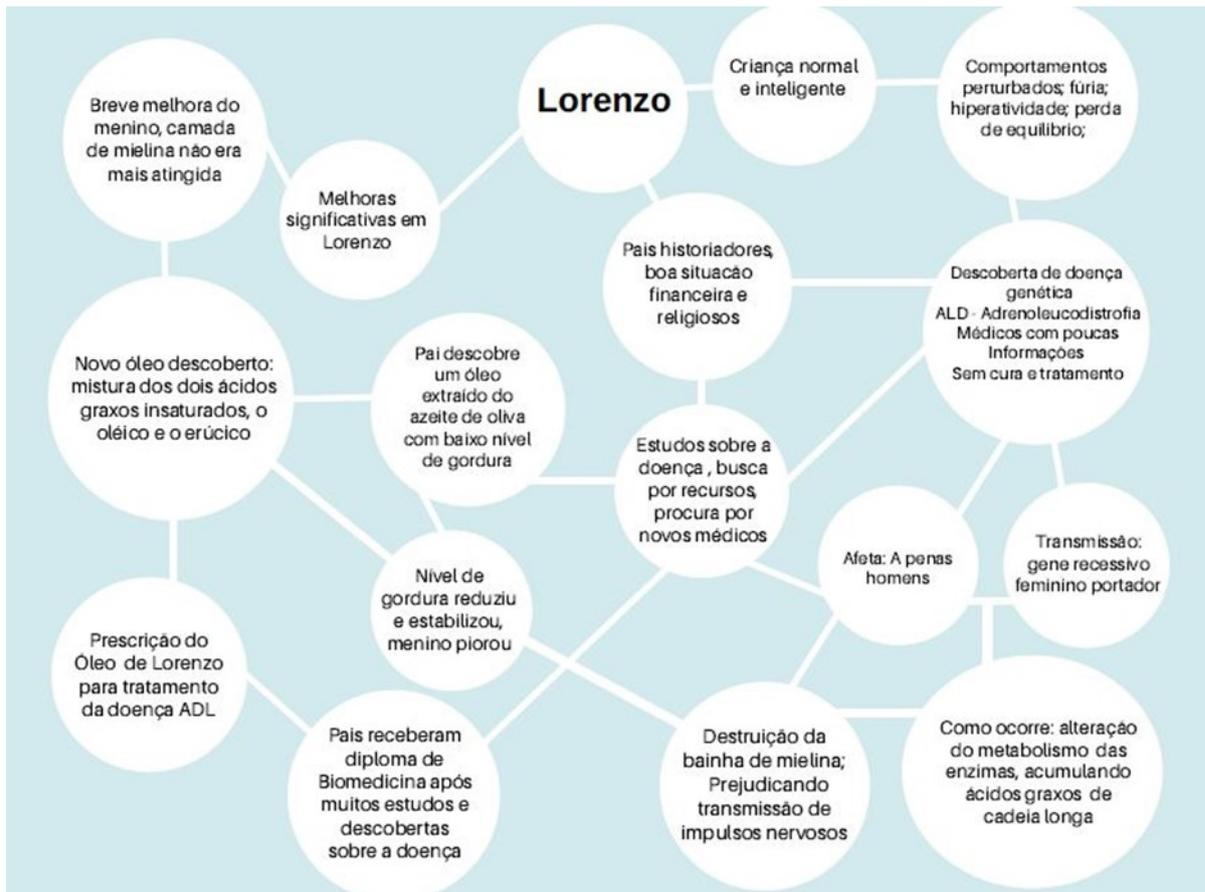
Fonte: A autora

Figura 11 - A12: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”



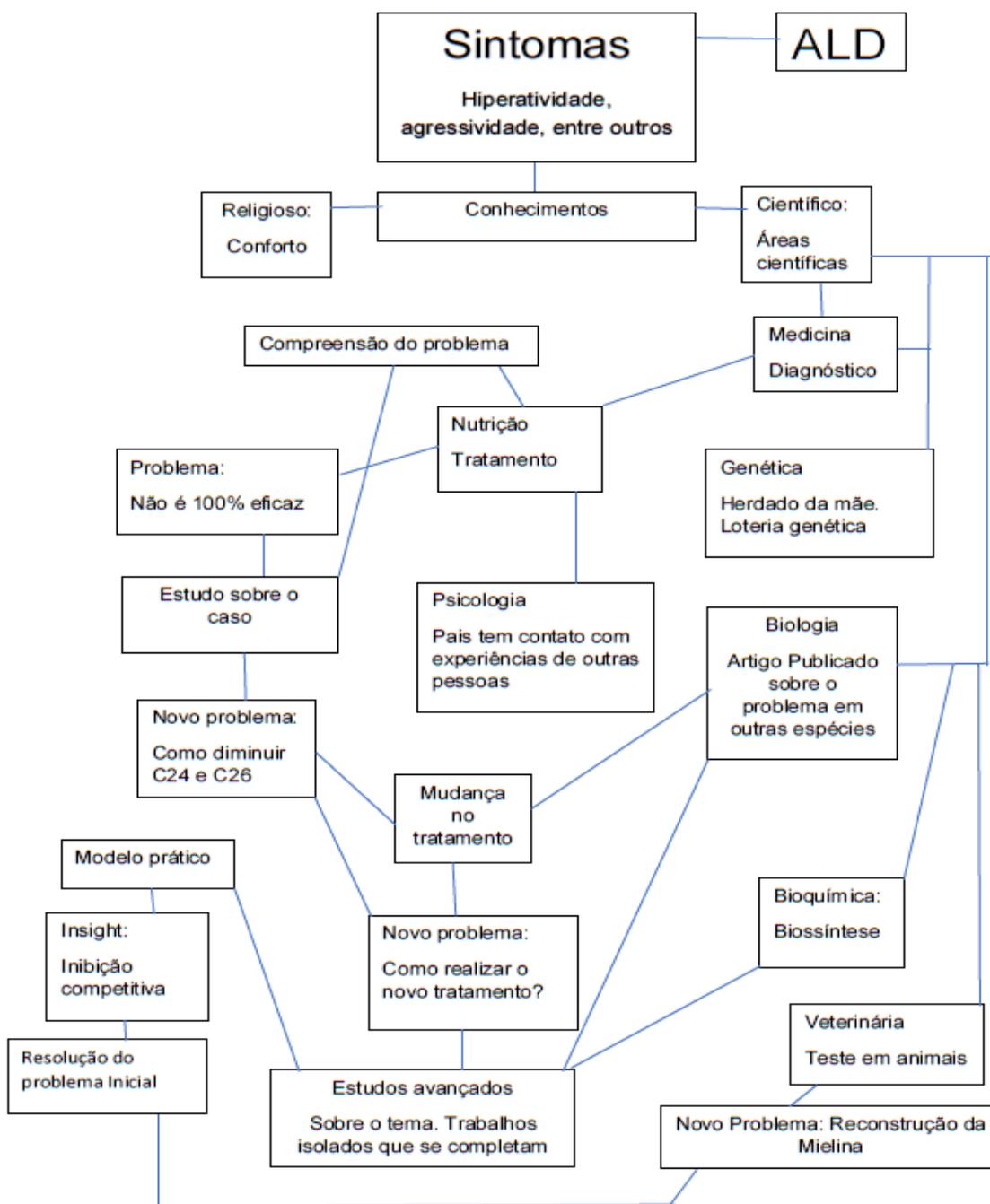
Fonte: A autora

Figura 12 - A13: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”



Fonte: A autora

Figura 13 - A15: As relações complexas “Óleo de Lorenzo”



Fonte: A autora

4.1.13 Codificação aberta dos mapas conceituais (Óleo de Lorenzo)

Quadro 37 - Indicadores de categoria/codificação aberta

Que categoria esse indicador se refere?	
A1:	■
A3:	■ ■
A4:	■ ■

A6:	
A9:	 
A10:	 
A12:	 
A13:	
A15:	 

Fonte: A autora

Para a análise dos indicadores de categoria da codificação aberta, utilizaram-se os mapas e redes. Os estudantes A1; A4; A9; A10; A12 e A15 se encaixam nos indicadores de complexidade e resolução de problemas, a complexidade por trazerem as relações complexas e a resolução de problemas por nestes mapas encontramos o termo resolução de problemas, problemas complexos ou os caminhos para a resolução deste problema. Os estudantes A3, A6 e A13 se encaixam no indicador de complexidade, mesmo não extraindo as relações aprofundadas, estabeleceram alguns conceitos simplistas.

Depois de respondidas as duas perguntas que fazem parte do processo da codificação aberta, descreve-se a análise da pesquisadora sobre a terceira pergunta: O que está acontecendo?

O estudante A1, ao analisar as relações complexas apresentadas no filme, realizou algumas ligações complexas, o atraso na doença Adrenoleucodistrofia (ALD) pela falta de pesquisa e pela falta de financiamento, e a relação do medo da família que culminava em desgaste psicológico.

Já o estudante A2 não extraiu nenhuma relação complexa profunda, talvez por não entender e não tem familiaridade com o tema, focou nos sentimentos aflorados na família durante a luta para a descoberta da cura.

Em contrapartida, os estudantes A4, A6 e A9 estabeleceram várias relações, da evolução da doença, da composição dos remédios, dos sintomas neurológicos, porém tudo dentro da área de conhecimento que tinham no momento, nenhuma relação externa.

Por conseguinte, o estudante A10, através da apresentação do conteúdo da aula anterior, obteve uma análise mais ampla, enxergou além dos processos biológicos complexos, e das interações entre as áreas do conhecimento, como a Química, Bioquímica, Genética, Neurologia, etc. Trouxe o dilema entre o conhecimento científico e o conhecimento empírico (que atrasava a solução do problema discutido). Observou também uma visão linear da ciência em relação à doença, que fragmentava o conhecimento de modo que não era possível

montar o quebra cabeça, ressaltando que para a solução do problema era necessário a desfragmentação das áreas. Destacou também a relação da ética e da bioética, na questão dos testes em pessoas e animais, em situações onde não existia nenhuma certeza.

Na observação do estudante A12 percebe-se que houve uma ação cognitiva com a complexidade, uma vez que o mesmo descreveu em seu mapa às áreas do conhecimento que apresentavam conceitos complexos. Destacou a nutriologia (dieta feita pelos portadores de ALD), a neurologia (sintomas apresentados pelos pacientes), a indústria e a química (na produção e venda os óleos que faziam parte da dieta dos pacientes) e por fim, a genética (testes feitos nos pacientes).

Os estudantes A13 e A15, relataram a complexidade, ao observar os estudos dos pais, que eram leigos e ajudaram na descoberta do remédio para o tratamento, trazendo relações além das biológicas, ao se referirem ao estado psicológico e religioso das pessoas diante um problema sem solução. E complementam que existiam vários trabalhos isolados que se complementavam. Mostrando assim a situação da fragmentação da ciência.

Percebe-se e entende-se de início que pelo fato de os mesmos não serem familiarizados com o tema, de terem nunca, ou poucas vezes trabalhado com esses conceitos, ainda ficaram na razoabilidade, validando o que Blumer (1969) defende, ao dizer que os seres humanos, são grupos que vivem em ação e, ao agir constantemente tomam para si diversas situações, que contribuem para uma esquematização de conceitos, esses conceitos ainda não foram formalizados, mas com o decorrer das aulas essa visão simplista será ampliada.

Durante a discussão, a pesquisadora conduziu estes a olharem para alguns aspectos, o primeiro deles: os cientistas trabalhavam isolados, cada um em sua caixinha, os médicos eram fechados a qualquer outro tratamento da ALD, não dando espaço para que houvesse a introdução de outros métodos, a segunda e talvez mais importante relação complexa, foi a visualização dos pais de Lorenzo (leigos), ao estudar diversas áreas, e encontrar o remédio que os cientistas não tinham desenvolvido. Por quê? Porque a visão deles não estava fragmentada em relação ao fármaco e a doença, e eles conseguiram sair dessa visão fechada para uma mais complexa. A terceira refere-se à complexidade da vida do ser humano. Doença rara, não tem investimento. E através disso a

importância de termos alguém de fora, para auxiliar nas percepções, mostrando a notabilidade da interação entre pares, de áreas distintas. Porque a doença relatada no filme não se resolve apenas na área farmacêutica, na Medicina, Química ou Biologia, era necessário a interação de muitas outras áreas do conhecimento, que se encontravam fragmentadas.

Mesmo diante, de um conceito pouco explorado dentro da Universidade, os estudantes e futuros professores demonstram interesse em aprender. A seguir, encontra-se a reflexão de um destes, após a pesquisadora ter incorporado conceitos que eles haviam não identificado.

Eu² tentei extrair as relações complexas, mas eu ainda não tinha certeza do que eram essas relações. Eu pedi os slides da aula para que eu estudasse mais, e então eu pesquisei um pouco, e acho que eu compreendi um pouco mais. Agora vendo você explicando, estou começando a entender o que quer dizer relações complexas. Eu imaginava que eram apenas as relações internas, mas é muito mais que isso. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A1 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 25/09/2020).

Nos dados coletados, observa-se a falta de conhecimento sobre complexidade, e aflorando a importância desse tema ser abordado em diversas disciplinas durante a graduação. Ressaltando que o conhecimento como defende Blumer (1969) é coletivo.

4.1.14 Codificação axial dos mapas conceituais (Óleo de Lorenzo)

O processo descrito nesta etapa será o mesmo já utilizado para a codificação axial do questionário. Utiliza-se como ponto de partida o referencial teórico que é Edgar Morin, com o olhar voltado para o problema de pesquisa, o qual é o caminho para a fundamentação da teoria em dados.

Como se tratam de mapas e redes, são analisados fragmentos dos vídeos, mais as anotações da pesquisadora durante a aula, que contribuem para a formação de uma nova categoria. Uma vez, que os mapas auxiliam na formação das primeiras categorias, durante a codificação aberta, e os

²Durante as aulas em vídeo conferência pela plataforma Moodle da UTFPR, a pesquisadora anotou algumas reflexões dos alunos, em um diário de campo, chamado pela Grounded Theory de memorando.

fragmentos das falas corroboram para a identificação de sentimentos, que auxiliam na formação de uma nova categoria.

Neste momento são refeitas as três perguntas oriundas da codificação axial, e se os dados não forem satisfatórios para esse momento, eles são descartados.

Segue a transcrição de algumas falas durante a discussão dos mapas:

Eu tentei extrair as relações complexas, mas eu ainda não tinha certeza do que eram essas relações. [...] eu pesquisei um pouco, e acho que eu compreendi um pouco mais. Agora vendo você explicando, estou começando a entender o que quer dizer relações complexas. Eu imaginava que eram apenas as relações internas, mas é muito mais que isso. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A1 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 25/09/2020).

O estudante A1 releva que se esforçou para extrair as relações complexas, mas que ainda existiam dúvidas. E que foi necessária pesquisa e explicações durante o debate do tema, para que o mesmo visualizasse que as relações complexas vão muito além, do que conceitos enxutos e simplistas. O estudante A4 ressalta:

Só consegui ver as relações complexas de Biologia, pelo menos as que eu imaginava que eram. Eu não sei ao certo, tive dificuldades, mesmo pesquisando, fiquei em dúvida. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A4 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 25/09/2020).

É possível no trecho acima identificar dúvidas e dificuldade ao identificar relações e conceitos complexos. Que houve iniciativa do estudante, pois ele foi atrás e pesquisou, mas que só a pesquisa não o ajudou a ponto de entender a complexidade do problema, confirmando o relato de A6, que procurou a ajuda da pesquisadora, para entender o que precisava fazer no mapa, como podemos ver neste trecho:

Eu até tirei dúvidas com você pelo Whatsapp porque eu assisti o filme e fiz uma sinopse, e eu imaginei que estava errado, eu só entendi como era para fazer quando você me explicou pelo áudio. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A6 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 25/09/2020).

Em outra situação:

Eu relatei o termo com CTS, porque eu já tive essa disciplina, e esse olhar mais amplo sobre as coisas, e junto com o que foi falado na aula eu consegui ter uma noção maior. Eu li também Edgar Morin, o livro que você mandou no grupo “Religação dos Saberes”, acho que isso me ajudou. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A10 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 25/09/2020).

Percebe-se a influência da formação de professores, no processo de elaboração de esquemas para a construção de conceitos complexos, juntamente com a leitura do livro que reflete sobre a religação de saberes, mais uma vez indicando pesquisa como meio facilitador para compreensão do tema.

Em contrapartida, o estudante A12 evidencia em sua fala, a importância da exemplificação, trazer para sala de aula um exemplo concreto, que faz parte do meio o qual o estudante está inserido, facilita a realização de esquemas, como é possível identificar no fragmento abaixo:

Eu fiquei na dúvida, lembrei-me do exemplo que você deu das moléculas de Porfirina, explicando vários conceitos, e então eu acho que consegui abrir um pouco a caixa. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A12 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 25/09/2020).

Nesta fala, do estudante A13, é possível identificar que ao assistir ao filme, este fez relação com a primeira aula, onde foi discutido os conceitos lineares que são abordados em diversos cursos de graduação e educação básica, fazendo com que houvesse uma relação da aula abordada, com o problema complexo da doença, relatado no filme. Assim:

Pesquisadora: Você conseguiu entender? A13: Eu consegui ver a fragmentação que você falou, quando falou do currículo de Física, que as matérias eram separadas, e eu lembrei que as nossas também são, e observei isso no filme. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A13 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 25/09/2020).

Também,

Eu tive dúvidas, eu não sabia como começar, tive que pesquisar bastante para conseguir entender, você explicando a aula passada ajudou também. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA

DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A15 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 25/09/2020).

Neste fragmento, mais uma vez percebemos a influência da pesquisa neste processo de construção de relações complexas, como os estudantes não tinham contato direto com a complexidade, existe todo um processo pelo qual eles precisam passar, e pesquisar desenvolve habilidades que eles ainda não possuem.

No quadro a seguir, descreve-se a codificação axial destes fragmentos e mapas.

Quadro 38 - Codificação axial dos fragmentos e dos mapas do filme Óleo de Lorenzo

Codificação Aberta	Códigos/Categorias	Codificação Axial/Subcategorias
A1: Eu tentei extrair as relações complexas, mas eu ainda não tinha certeza do que eram essas relações. [...] eu pesquisei um pouco, e acho que eu compreendi um pouco mais. [...] Eu imaginava que eram apenas as relações internas, mas é muito mais que isso.	Dúvidas para a descrição de relações complexas; Melhor compreensão mediante pesquisa; Visão de amplitude, olhar além daquilo que se vê;	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa  • Formação de professores  • Exemplos concretos  • Conhecimento teórico 
A4: Só consegui ver as relações complexas de Biologia, pelo menos as que eu imaginava que eram. Eu não sei ao certo, tive dificuldades, mesmo pesquisando, fiquei em dúvida.	Dificuldade em extrair relações que não são familiares a sua área de pesquisa; Papel da pesquisa para o apoio de dúvidas.	
A6: Eu até tirei dúvidas com você pelo WhatsApp. [...], eu só entendi como era pra fazer quando você me explicou pelo áudio.	Dificuldade, sanada mediante uma explicação.	
A10: Eu relacionei o termo com CTS, porque eu já tive essa disciplina [...] Eu li também Edgar Morin, o livro que você mandou no grupo "Religação dos Saberes".	Importância da disciplina de CTS. Contribuição dessa disciplina na formação crítica Pesquisa como caminho para a formulação de dados	
A12: Eu fiquei na dúvida, lembrei-me do exemplo que você deu das moléculas de	A utilização exemplos concretos facilita a compreensão gerando	

Porfirina, explicando vários conceitos, e então eu acho que consegui abrir um pouco a caixa.	insights para visão mais aberta dos conceitos	
A13: [...] Eu consegui ver a fragmentação que você falou, quando falou do currículo de Física, que as matérias eram separadas, e eu lembrei que as nossas também são, e observei isso no filme.	Presença do currículo engessado, fragmentando o conhecimento.	
A15: Eu tive dúvidas, eu não sabia como começar, tive que pesquisar bastante para conseguir entender, você explicando a aula passada ajudou também.	Pesquisa como alicerce fundamental na formulação de relações complexas	

Fonte: A autora.

Quadro 39 - Categorias emergentes

Categorias emergentes	
• Pesquisa	
• Formação de professores	
• Exemplos concretos	
• Conhecimento teórico	

Fonte: A autora

De acordo com esse procedimento de categorização, sobre os fragmentos e fala dos estudantes e análise dos mapas conceituais, é perceptível que algumas categorias se relacionam de modo a gerarem a orientação para uma mesma categoria de análise. Vários estudantes descrevem o termo “pesquisar”, para justificar as relações complexas que foram determinadas. Cita-se a importância da disciplina de CTS, ser meio de relações e surgimento da complexidade, indicando a formação de professores. Além destes, temos os indicadores de conhecimento teórico, por não ser um termo explorando na graduação e exemplos concretos, que segundo os estudantes facilitam a compreensão e análise das relações de complexidade.

Ao término da aula, foi lançado um desafio para a próxima aula, construir um mapa ou uma rede, dos conceitos complexos em torno da covid-19, e fazer

a leitura do artigo sobre resolução de problemas, para que fosse possível um debate do tema.

4.1.15 terceira etapa da investigação: discussão dos conceitos complexos da covid-19 durante a codificação aberta

Para a introdução do conceito de resolução de problemas e problemas complexos, foi utilizado um artigo para discussão chamado de *“Toward a design theory of problem solving”* e um vídeo intitulado *“Problem Solving”*.

Durante a discussão, a pesquisadora questionou os estudantes daquilo que havia chamado mais atenção no artigo e no vídeo. A maioria relatou que teve problemas na compreensão por se tratar de material em inglês, mas que haviam feito à tradução. Desta forma, o ritmo da aula foi alterado, e a pesquisadora pontuou os pontos mais importantes para o início da conversa.

Os principais pontos abordados pelo artigo e que são de crucial importância, são a definição do autor, de problemas bem estruturados, e mal estruturados. Mostrando que os problemas bem estruturados são aqueles problemas de lógica, onde se é possível à resolução simples, com aplicação de fórmulas, como exemplo os exercícios de apostilas e vestibulares. Em contraponto, apresenta os problemas mal estruturados, que são os problemas complexos, que possuem vários caminhos de solução, e exigem algumas habilidades para que sejam resolvidos. E que estas habilidades são desenvolvidas conforme o estudante vai tendo familiaridade com o tema, como já descrito no capítulo dois desta dissertação. O vídeo utilizado era um complemento, uma animação, para que o conteúdo fosse mais bem aproveitado e compreendido.

Após, o esclarecimento das dúvidas, partimos para o ponto crucial da aula. A discussão de redes e mapas, em torno da covid-19, baseando-se nos conceitos de problemas trazidos pelo artigo, explicando o motivo de este ser um problema complexo.

O objetivo central desta atividade foi verificar se os estudantes haviam enraizado o conceito de complexidade, e se possuíam a visão de um problema complexo real, e suas interações sociais e com o meio, visto que estamos passando por um momento atípico, e somos bombardeados com informações sobre o vírus vinte quatro horas por dia.

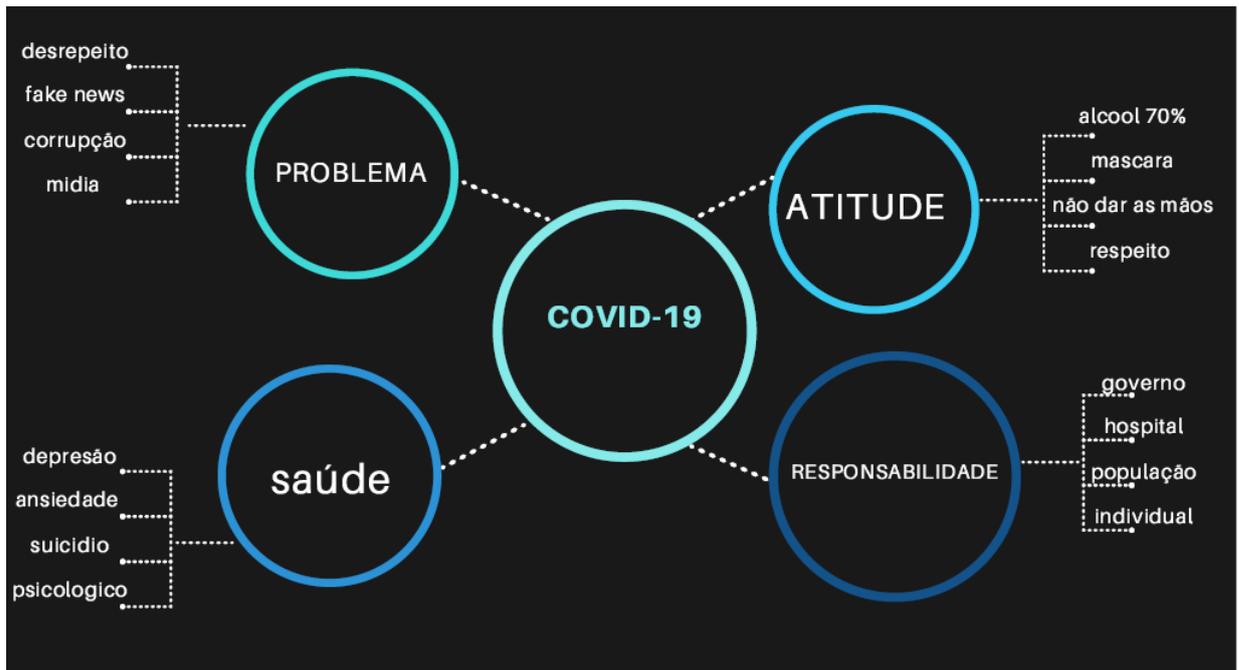
Está aula ocorreu no dia 02/10, e teve duração de aproximadamente 3h e 30 min, via plataforma Moodle da UTFPR.

Lembrando que durante todo o processo, o método utilizado é o mesmo descrito na primeira aula. Utilizam-se as categorias de análise já determinadas através do título de pesquisa, e os três questionamentos básicos, I - Este dado se refere a esse estudo? II – A que categoria esse indicador se refere e III - O que está acontecendo?

Para início na codificação aberta, utilizaremos a primeira pergunta: I - Este dado se refere a esse estudo? Disponibilizando alguns dos mapas que atendem um, dois ou os três questionamentos, aqueles que não atenderem nenhum, são descartados. No total foram enviados dezoito mapas, mas para fins de pesquisa são analisados 10.

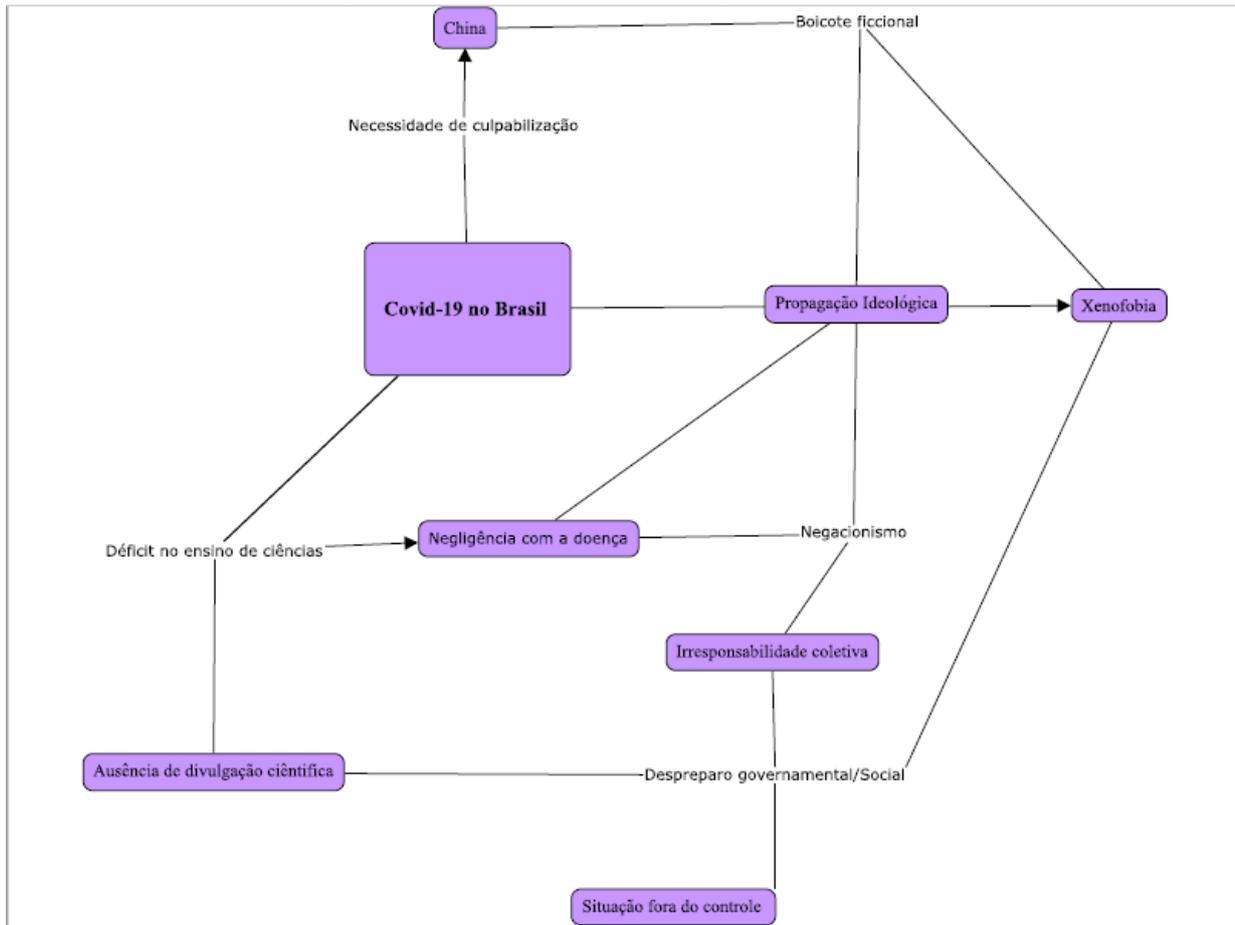
Segue os mapas, para posteriormente a descrição da codificação aberta.

Figura 14 - A1: as relações complexas da covid-19



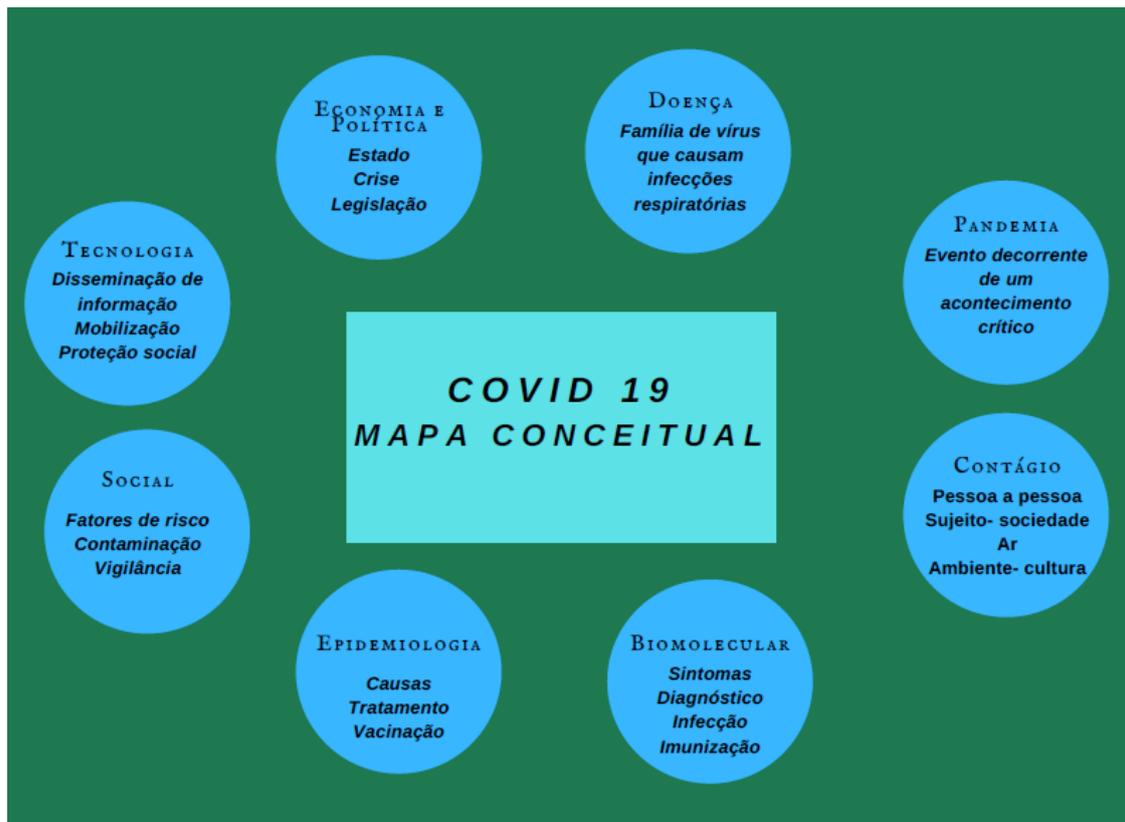
Fonte: A autora

Figura 15 - A2: as relações complexas da covid-19



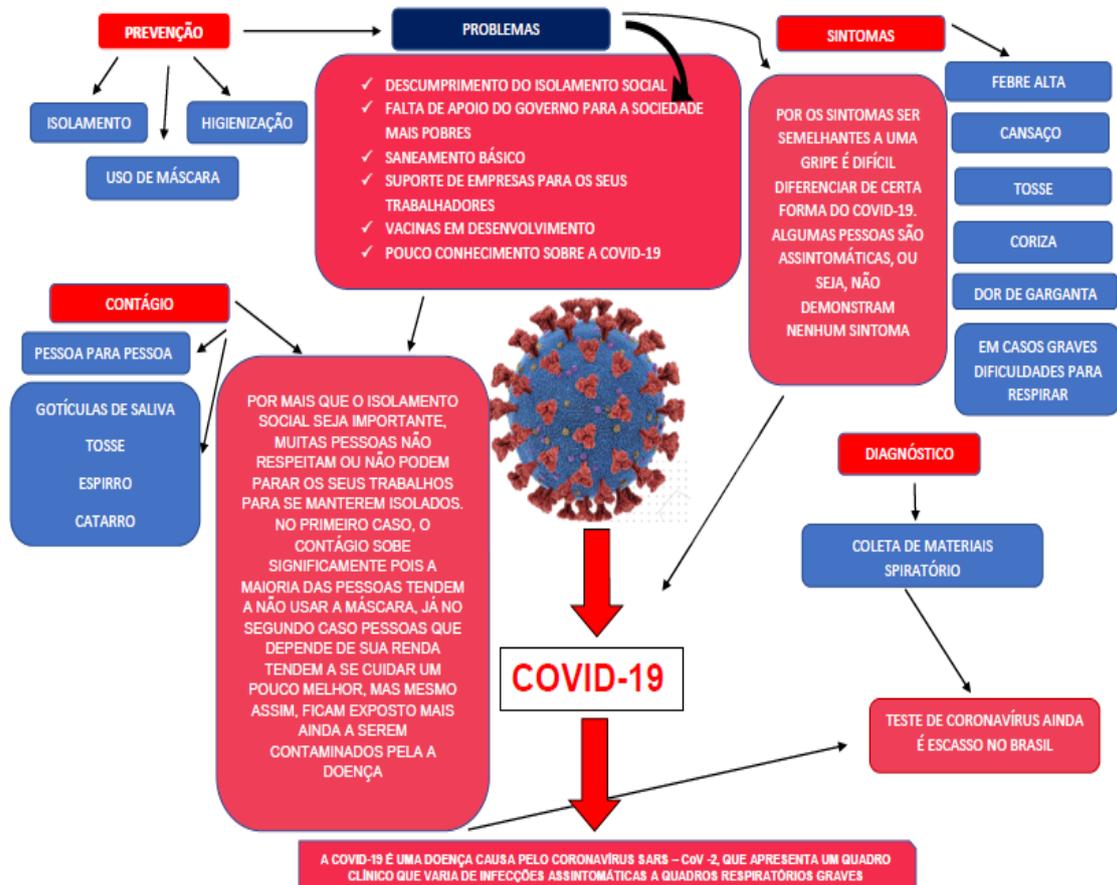
Fonte: A autora

Figura 16 - A3: as relações complexas da covid-19



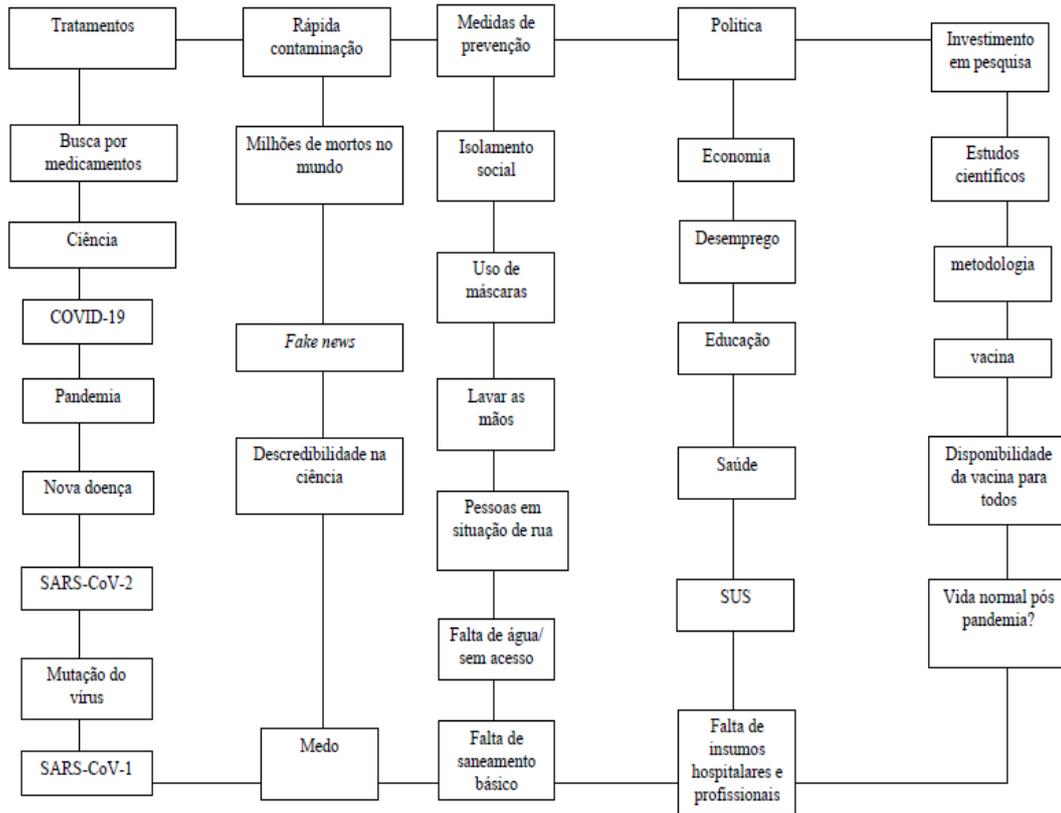
Fonte: A autora

Figura 17 - A4: as relações complexas da covid-19



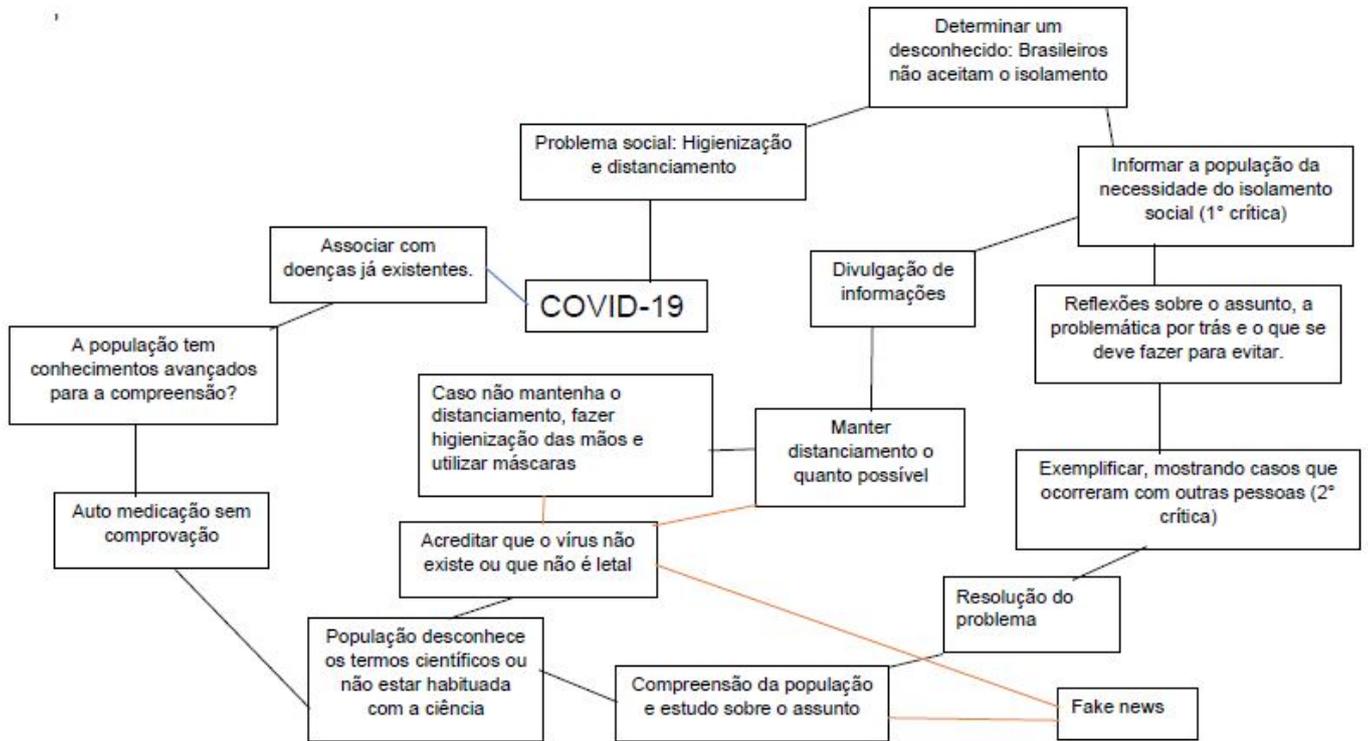
Fonte: A autora

Figura 19 - A8: as relações complexas da covid-19



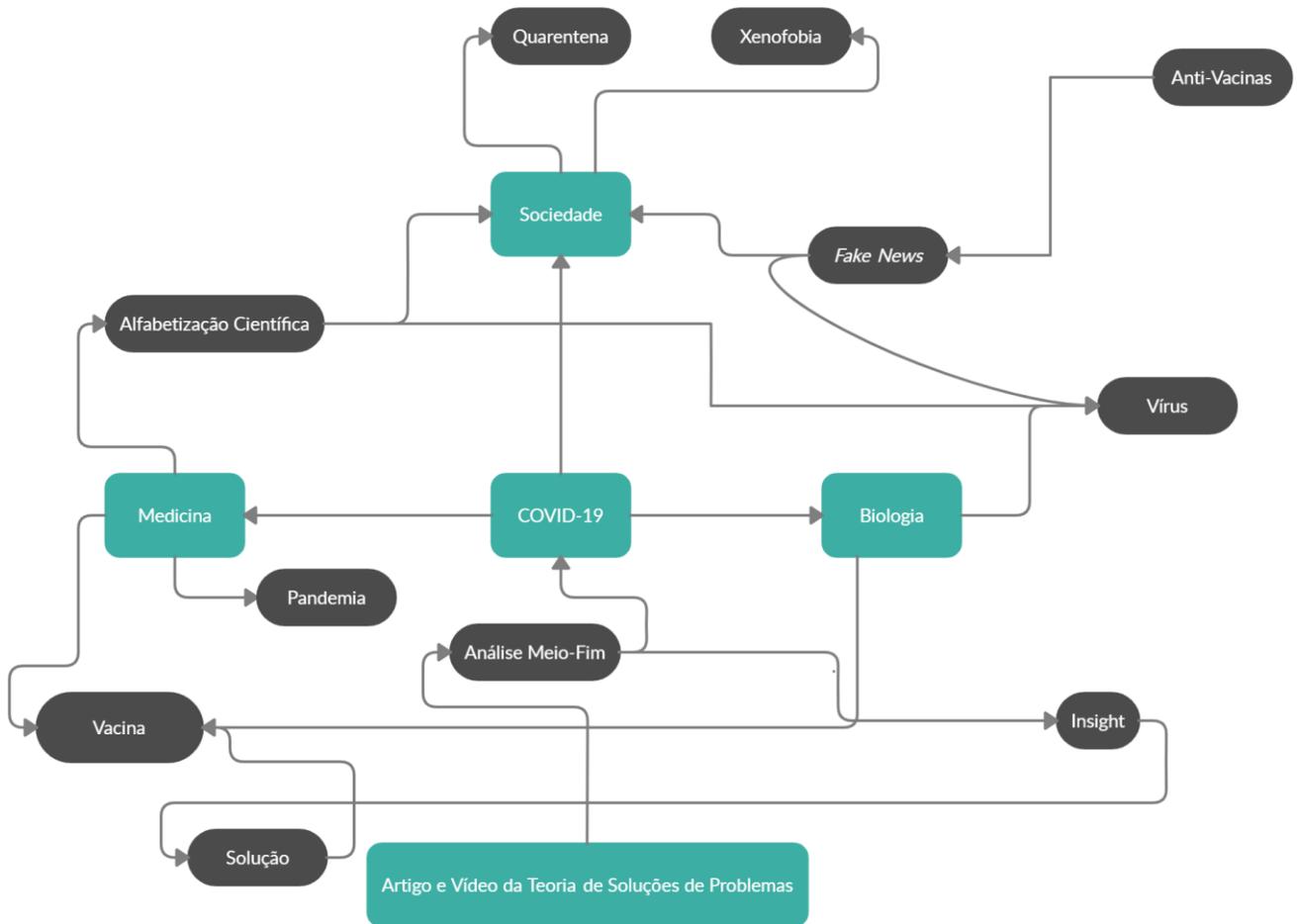
Fonte: A autora

Figura 20- A9: as relações complexas da covid-19



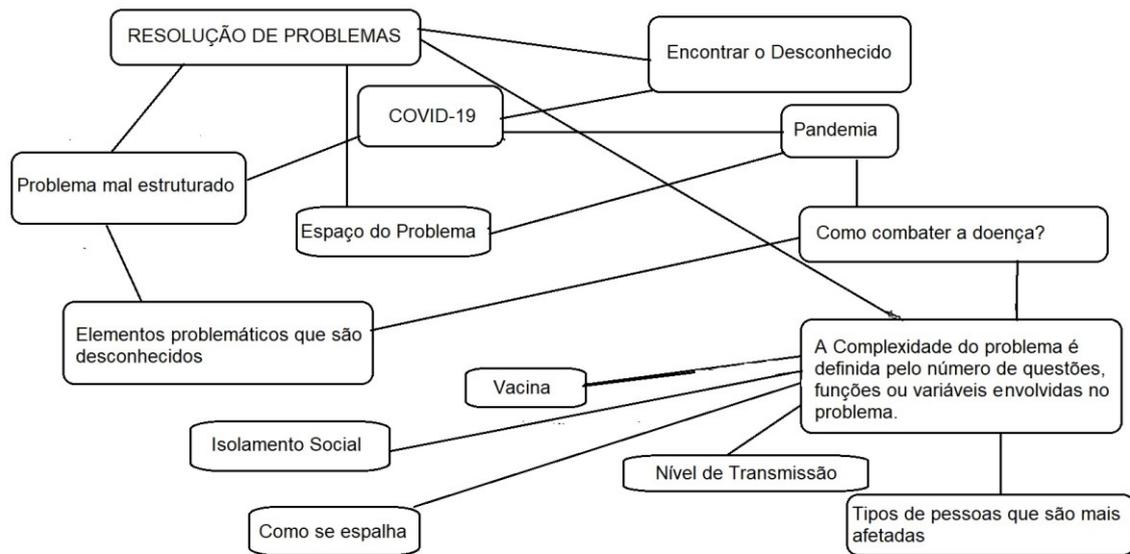
Fonte: A autora

Figura 21 - A10: as relações complexas da covid-19



Fonte: A autora

Figura 22 - A11: as relações complexas da covid-19



Fonte: A autora

A10:			
A11:			
A12:			

Fonte: A autora

Estes indicadores surgem da análise dos mapas e redes. Nos mapas dos estudantes A1; A2; A3; A4; A7; A8; A9; A11 e A12 têm os indicadores de complexidade e resolução de problemas, complexidade no sentido de que a Covid-19 é um problema complexo, de que os mesmos estabeleceram estas relações. E resoluções de problemas no sentido de que é o maior problema que está sendo discutido na atualidade, e como os estudantes ressaltam ainda não foi formulada uma resposta concisa por inúmeras influências dentro do nosso país, atrasando assim os meios para a produção da vacina. O estudante A10, além destes dois indicadores apresenta o de formação de professores, ao citar o termo de alfabetização científica e tecnológica, que permeia muitas discussões dentro do curso de graduação em Biologia.

Para a conclusão da primeira etapa da codificação utilizamos a última pergunta: o que está acontecendo?

Este momento permite a reflexão da pesquisadora, ao fazer os questionamentos necessários para essa etapa e uma análise profunda dos dados dos mapas e redes.

No que concerne a complexidade e resolução de problemas, percebe-se a ampliação da visão de A1 em relação a complexidade. Organizou-se o problema, e delimitaram-se as relações complexas, colocando a primeira relação da saúde, demonstrando os problemas que se agravaram, como o suicídio, a depressão e a ansiedade. Refletindo-se sobre as *Fake News*, que atrasam o conhecimento sobre a doença.

Da mesma forma, o estudante A2, refere-se à xenofobia, a necessidade de culpabilização da China, pela propagação do vírus. Destacando-se o negacionismo da ciência, a precarização da mesma, a falta de divulgação científica, e relacionando os problemas além da covid-19, ao despreparo social e governamental do país.

Em uma linha diferente de pensamento, mas destacando relações de complexidade, o estudante A3 cita a influência da tecnologia, o fluxo grande de

informações na mídia, as *Fake News*, e a crise do Estado e do Governo perante a evolução da doença, e o desconhecimento do mesmo.

Já o estudante A4, descreveu a evolução biológica, a importância da conscientização da população com o isolamento. Destacando que o problema se agrava pela falta de assistência social, que atinge pessoas com mais vulnerabilidade e o desconhecimento da vacina.

Por outro lado, os estudantes A7; A8; e A12 fizeram uma análise mais profunda do problema, identificando características deste problema mal estruturado. Atenta-se nesse sentido ao desenvolvimento biológico da doença. Demonstrando que existe um impacto maior em comunidades carentes, que não usufruem de saneamento básico. Destaca-se a relação de medo, de insegurança e ataques xenofóbicos, em decorrência das notícias falsas. Acarretando também nos grupos anticiência e antivacinas. E todas essas questões que pouco são discutidas, levaram a crise na economia, na educação e no desemprego. E o estudante A9 complementa, ao colocar o uso de medicamentos sem comprovação científica, como um retrocesso, alimentando ainda mais o processo de negação do vírus e sua letalidade.

O estudante A10 relata que a falta de alfabetização científica e tecnológica contribui, para todos os problemas já citados pelos colegas e agrava a situação de pandemia. Neste momento percebe-se o quão importante é a formação com essa visão mais crítica, presente na grade curricular destes. Em relação à complexidade o estudante A11, relata que existem vários níveis de complexidade, colocando como principais, o vírus, a vacina e o contágio, processos que ainda são incertos dentro da ciência.

A discussão dos mapas, possibilitou uma compreensão maior, em relação a visão dos estudantes sobre o tema. Em comparação ao primeiro mapa conceitual que era sobre o filme *Óleo de Lorenzo*, houve uma evolução visível na maioria dos envolvidos, eles discutiram mais, se posicionaram, trouxeram a evolução do vírus, a mutação, a história do Pangolin. Sempre relacionado com outras esferas da vida, como as já citadas anteriormente.

Em seguida, apresentam-se algumas reações durante a discussão deste problema.

Achei mais fácil de relacionar com o vírus da Covid-19 e extrair as relações complexas, porque a gente está sendo impactado de todos os lados, tem muita gente entrando em depressão, cometendo suicídio e tem pesquisas que até a violência doméstica aumentou. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A1 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 02/10/2020).

Ficam evidentes nestas falas, as relações complexas que o estudante conseguiu identificar “depressão”, “suicídio” e “violência doméstica”, o que nos remete ao fato de ser uma situação noticiada a todo o momento, facilitando assim que os estudantes consigam enxergar mais além do que somente o vírus e sua evolução biológica. Podemos reforçar a posição do estudante A1, ao nos depararmos com a fala do estudante A2:

Eu relatei com várias coisas que eu vi, o governo dizendo vírus da China, dizendo que não existe pesquisa em universidade pública. E também o impacto na economia, e todas as pessoas que estão sem emprego. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A2 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 02/10/2020).

O fragmento de fala destacado pelo estudante A3, diferente da forma demonstrada pelos estudantes anteriores, se difere por ele não ter se concentrado nessas primeiras observações que estavam na mídia, e tê-las identificado como complexas, o mesmo usufruiu de pesquisas, para relacionar o vírus da Covid-19 com a tecnologia, com política e demais áreas que podem ser observadas no mapa descrito acima.

No início eu tentei pesquisar as relações complexas na internet, mas não encontrei nada satisfatório, depois eu reli o artigo e vi o vídeo, e vi que a todo o momento nos deparamos com problemas complexos, situações do nosso dia a dia, e consegui fazer a relação com a tecnologia. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A3 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 02/10/2020).

Já o estudante A7 e refere-se ao processo como algo difícil, e que só foi possível estabelecer as relações mencionadas, através de pesquisa e que dessa forma conseguiu visualizar a complexidade, como podemos observar:

Eu achei difícil, não é algo que a gente pare para pensar, mas quando iniciei a minha pesquisa de economia, hospitais lotados, mortes, vi que isso influenciava diretamente nossa vida, atingia a economia, as

peças que não tem condições, e que ações do governo tornavam esse problema ainda mais complexo. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A7 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 02/10/2020).

E o estudante a A13, complementa essa visão de pesquisa estabelecendo que:

Eu estudei bastante, li sobre saneamento básico, como vivem essas pessoas, como sobrevivem em locais insalubres e com pouco dinheiro. Vi notícias de pessoas com transtornos psicológicos, de pessoas que sobreviveram ao vírus, mas desenvolveram pânico e ansiedade. Se fossemos discutir isso em sala, acho que não abordaríamos todas essas questões. O que mais me assusta é a população defendendo a Cloroquina e Ivermectina sem ter nenhuma comprovação, e sendo contra a vacina. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A12 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 02/10/2020).

O estudante A10 remete a importância de disciplinas que propiciem uma visão de mundo mais crítica, ressaltando que estabeleceu as relações complexas da seguinte maneira:

Me lembrei das aulas do professor de CTS, de algumas discussões de outras disciplinas, e lendo me dei conta do quanto esse problema é complexo, ele não depende só dos médicos, cientistas e farmacêuticos, tem que ser uma ação de todos. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A10 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 02/10/2020).

Após a análise desses fragmentos, partimos para a próxima fase da codificação axial, para agrupar possíveis categorias que vierem surgir. Utilizando os mesmos processos já descritos na aula um e dois.

4.1.16 Discussão dos conceitos complexos da covid-19 durante a codificação axial

Quadro 41 - Codificação axial para a Covid-19

Codificação aberta	Códigos /Categorias	Codificação Axial/ subcategorias
A1: Achei mais fácil de relacionar com o vírus da covid e extrair as relações complexas, porque a gente está sendo impactado de todos os lados [...]	Facilidade de relacionar conceitos com situações que fazem parte do dia a dia.	 Formação de professores

<p>A2: Eu relatei com várias coisas que eu vi, o governo dizendo vírus da China, dizendo que não existe pesquisa em universidade pública. E também o impacto na economia, e todas as pessoas que estão sem emprego.</p>	<p>Destreza, ao formular relações através de observações de situações reais.</p>	<p> Pesquisa  Conhecimento empírico</p>
<p>A3: No início eu tentei pesquisar as relações complexas na internet, mas não encontrei nada satisfatório, depois eu reli o artigo e vi o vídeo, e vi que a todo o momento nos deparamos com problemas complexos, situações do nosso dia a dia, e consegui fazer a relação com a tecnologia.</p>	<p>Interesse na pesquisa, como meio de aprofundar o conhecimento.</p>	
<p>A7: Eu achei difícil, não é algo que a gente pare pra pensar, mas quando iniciei a minha pesquisa de economia, hospitais lotados, mortes, vi que isso influenciava diretamente nossa vida [...]</p>	<p>Uso de pesquisa para a compreensão do problema</p>	
<p>A10: Me lembrei das aulas do professor de CTS, de algumas discussões de outra disciplinas, e lendo me dei conta do quanto esse problema é complexo [...]</p>	<p>Importância da disciplina de CTS, para uma visão mais crítica.</p>	
<p>A12: Eu estudei bastante, li sobre saneamento básico, como vivem essas pessoas, como sobrevivem em locais insalubres e com pouco dinheiro [...] Se fossemos discutir isso em sala, acho que não abordaríamos todas essas questões [...]</p>	<p>Pesquisa aliada a curiosidade, para a formação de criticidade. Falta de questões que gerem essa problemática</p>	

Fonte: A autora

Quadro 42 - Categorias emergentes da codificação axial para a Covid-19

Categorias emergentes	
Formação de professores	
Pesquisa	
Conhecimento empírico	

Fonte: A autora

As categorias emergentes no processo de codificação axial, para a Covid-19, foram analisadas da óptica dos mapas e redes, e dos fragmentos de fala. Surgindo a formação de professores, pois os alunos relatam uma melhor compreensão das relações complexas que extraíram, em função da disciplina de

CTS, que lhes proporcionaram uma visão mais crítica de mundo. A pesquisa, como meio imprescindível para a ligação de conceitos além da doença. E a importância de aliar o conhecimento empírico do estudante, como meio de compreensão do problema, como relatado por um dos estudantes, ao dizer que sentiu facilidade em estabelecer as relações por se tratar de um problema que o mesmo encontrava todos os dias, em todas as redes de comunicação.

4.1.17 Quarta etapa da investigação: discussão dos conceitos complexos da pressão sanguínea durante a codificação aberta

O objetivo central desta aula foi a aproximação dos estudantes com um tema trabalhado em mais de uma disciplina, no decorrer do curso de graduação em Biologia, a pressão sanguínea. Com o intuito que os mesmos observassem as múltiplas relações complexas que não são abordadas durante o estudo desse tema, e refletissem sobre a importância da complexidade, ao planejarem suas aulas, no momento de atuação na docência.

Os estudantes desenvolveram mapas e redes sobre o tema, para que fossem analisados durante a roda de conversa online. Visto que, neste momento os mesmos já desenvolveram habilidades de olhar o todo, em um conjunto, não dissociado das partes. Está aula ocorreu no dia 09/10/2020, via plataforma Moodle UTFPR, e teve duração de 2h e 30 min.

Para o início da aula, assim como acontece durante todos os processos já descritos, a pesquisadora instiga os alunos com perguntas, do tipo: Qual a relação complexa que chamou mais atenção? Houve dificuldade? Já discutiu isso em alguma disciplina? Iniciando assim o diálogo e trazendo essa discussão na análise de dados da codificação aberta, que contempla os três questionamentos:

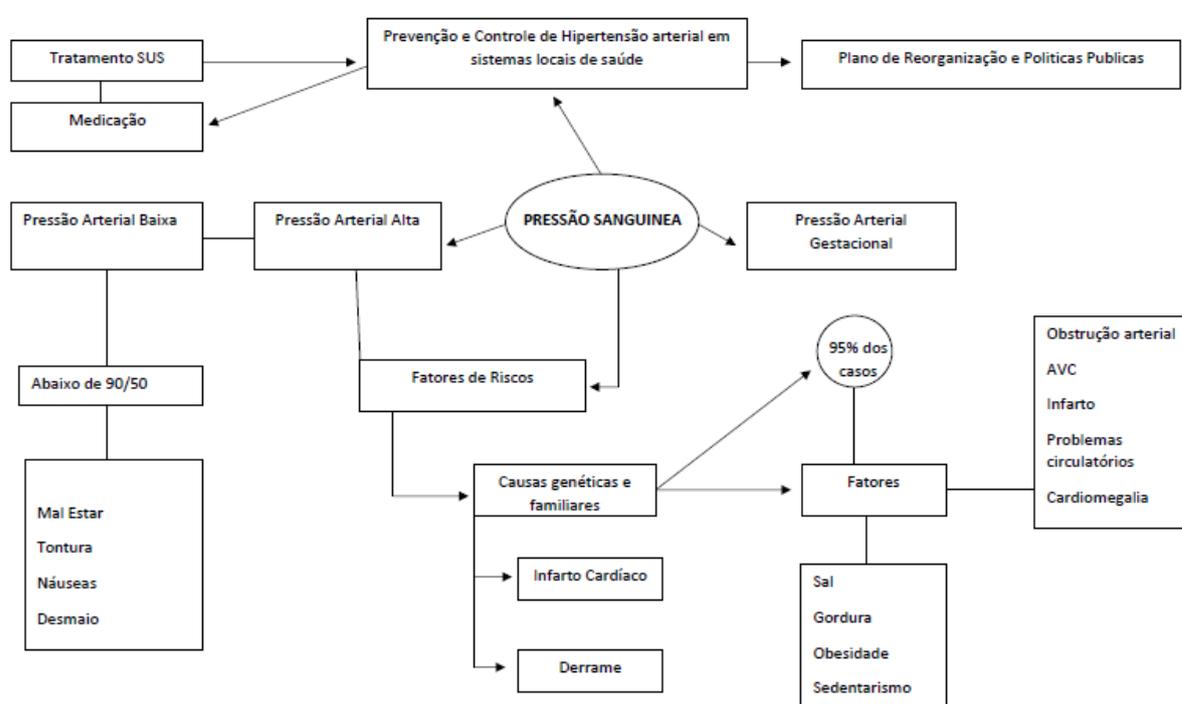
- I. Esse dado se refere a esse estudo?
- II. Que categoria esse indicador se refere?
- III. O que está acontecendo?

Relembrando que as categorias de análise para a codificação aberta são:

-  Formação de professores;
-  Resolução de problemas;
-  Complexidade.

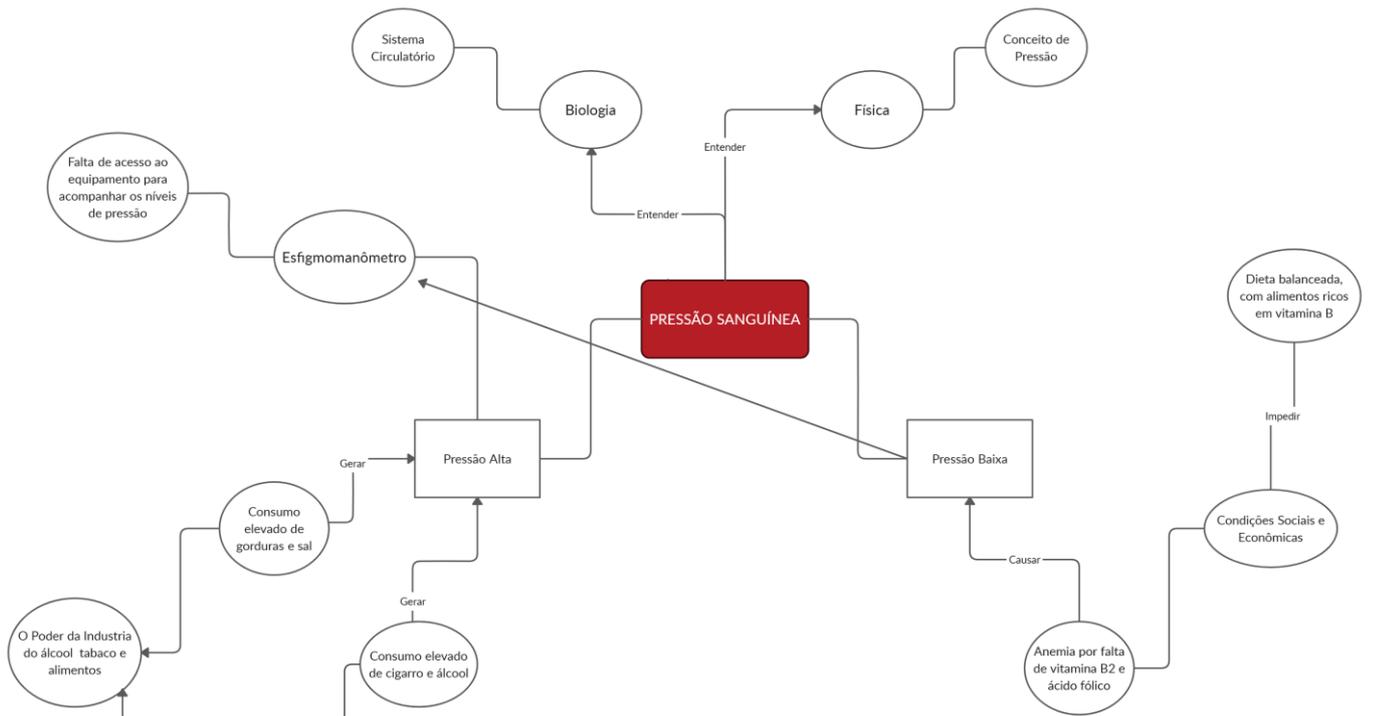
Neste primeiro passo, trazemos a resposta para o primeiro questionamento, os mapas que se referem ao estudo, atendendo um, dois ou os três questionamentos, aqueles que não se encaixarem para os fins de pesquisa serão descartados. Foram recebidos dezessete mapas e redes, e utilizados onze para fim de análise.

Figura 24 - A2: relações complexas da pressão arterial



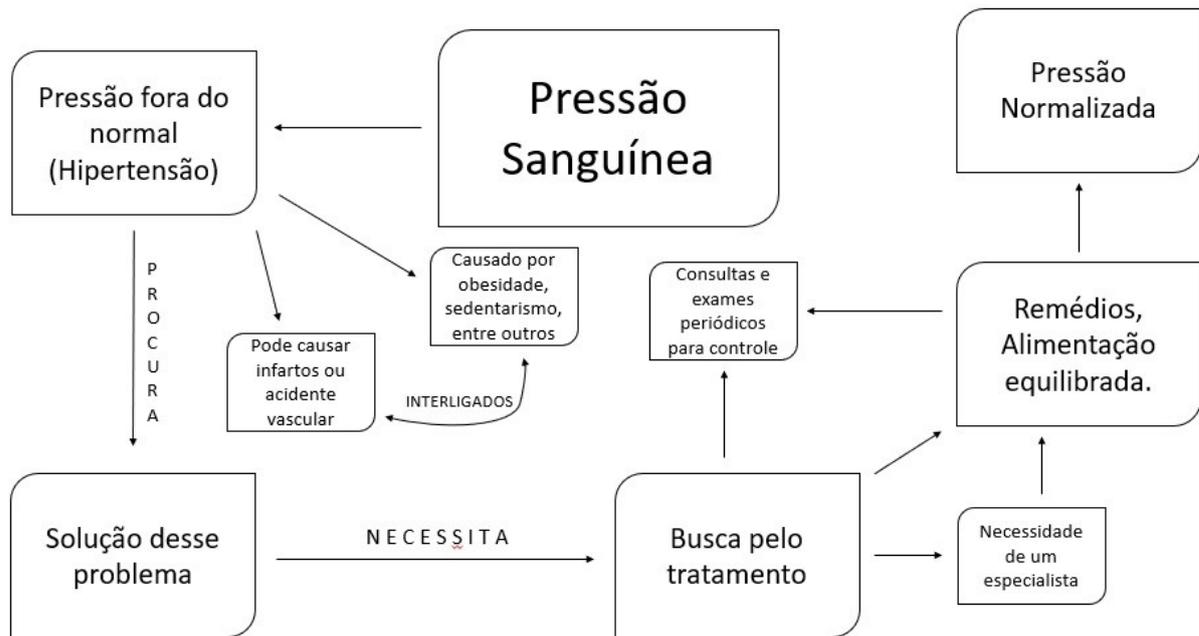
Fonte: A autora

Figura 25 - A3: relações complexas da pressão arterial



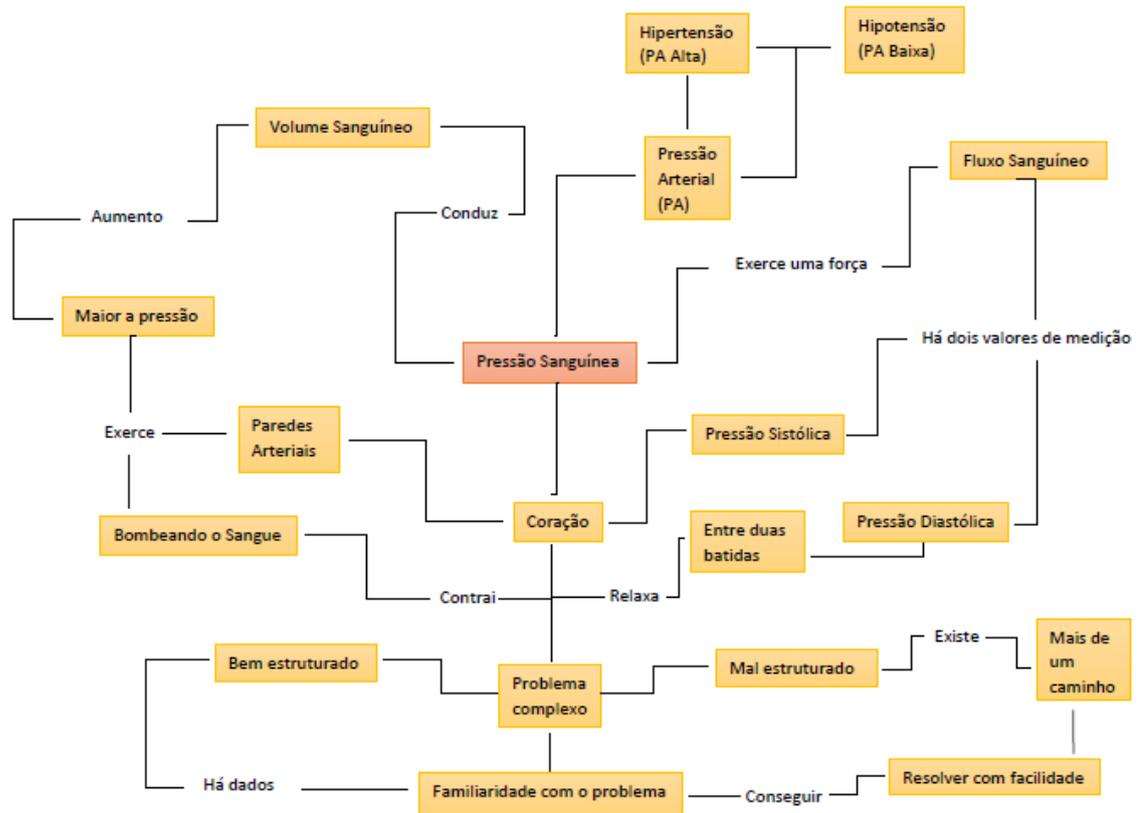
Fonte: A autora

Figura 27 - A6: relações complexas da pressão arterial



Fonte: A autora

Figura 29 - A9: relações complexas da pressão arterial



Fonte: A autora

Figura 30 - A11: relações complexas da pressão arterial

Pressão Sanguínea

HIPERTENSÃO

O que é?
Pressão arterial elevada, ou seja, a pressão/força do sangue contra a parede das artérias é muito grande.

Causas
Obesidade; Sedentarismo; Consumo excessivo de sal; etc.

Relações complexas
- Um dos maiores problema de saúde pública, de países desenvolvidos e emergentes;
- Alta taxa de morbimortalidade;
- Cerca de 50% dos hipertensos não realizam o tratamento;
- Aumento dos custos sociais devido a: aposentadorias por invalidez, afastamento do trabalho, etc;
- Ações educativas a fim de promover melhoria na atenção básica/promoção a saúde.

PRESSÃO ATMOSFÉRICA

- Influência diretamente na pressão arterial;
- Ar rarefeito;
- O ser humano consegue suportar a força da pressão atmosférica sem ser “esmagado”.

HIPOTENSÃO

O que é?
É o contrário da hipertensão, ou seja, a pressão arterial fica abaixo dos parâmetros considerados normais.

Causas
Desidratação; Jejum prolongado; Uso excessivo de alguns medicamentos, incluindo remédios para emagrecer; etc.

Relações complexas
Uso de medicamentos para emagrecer, na busca pelo corpo perfeito.

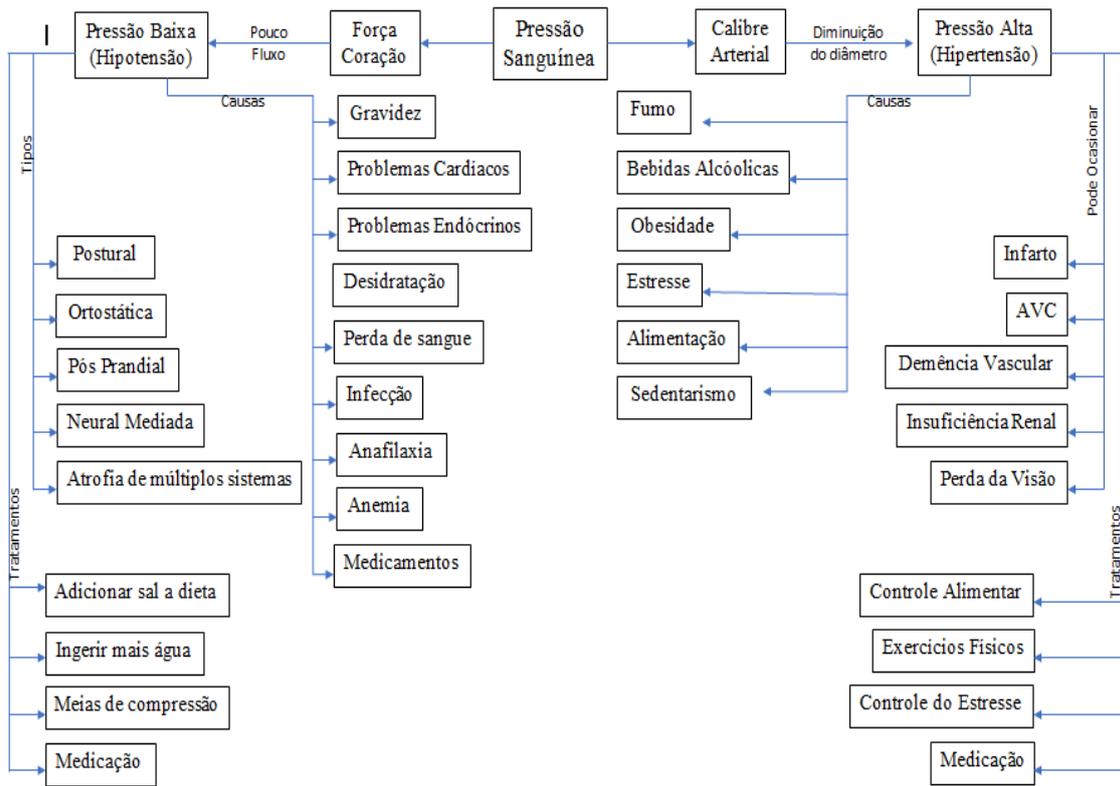
Fonte: A autora

Figura 31- A12: relações complexas da pressão arterial



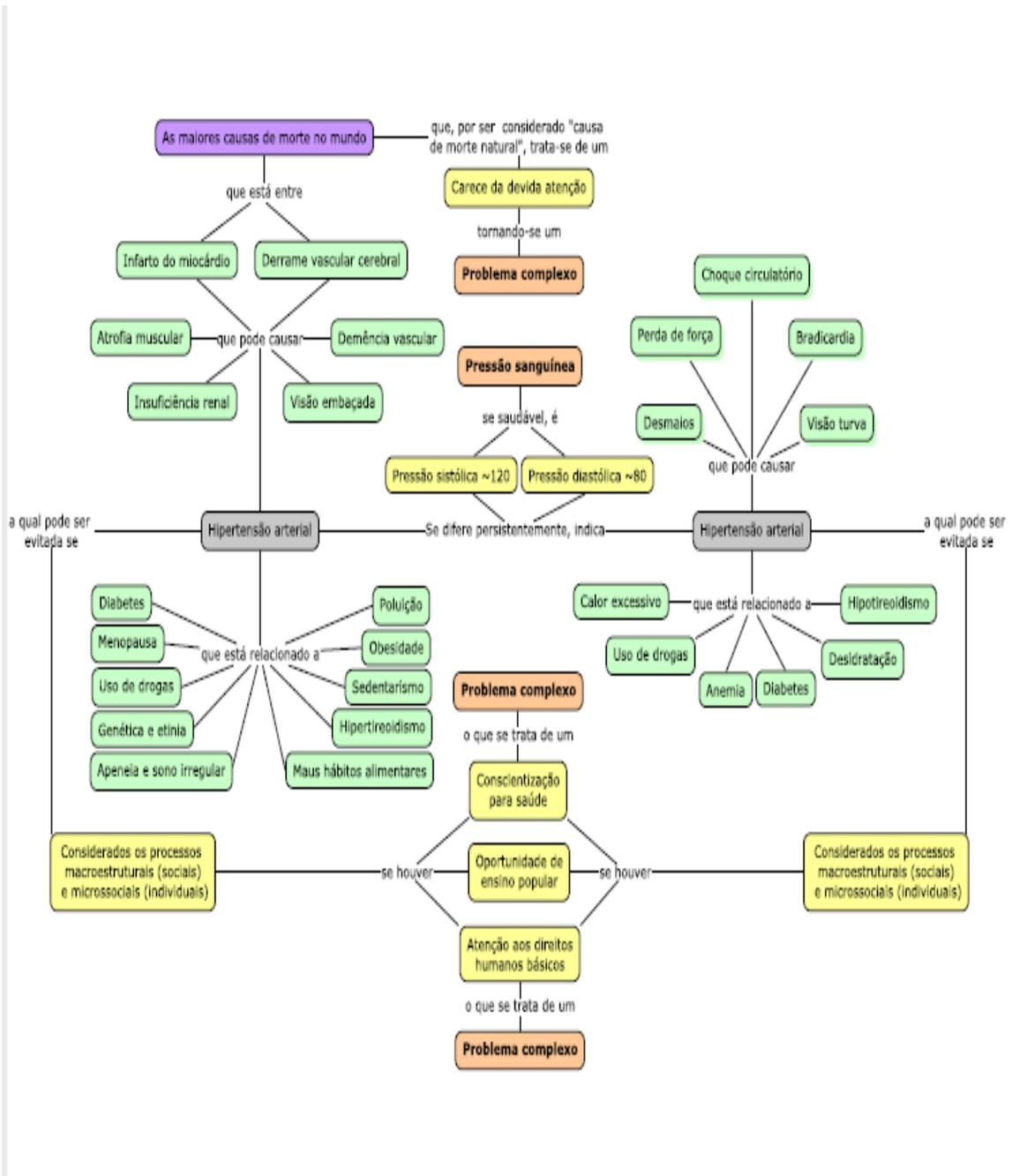
Fonte: A autora

Figura 32 - A13: relações complexas da pressão arterial



Fonte: A autora

Figura 33 - A15: relações complexas da pressão arterial



Fonte: A autora

Figura 34 - A16: relações complexas da pressão arterial



Fonte: A autora

Em seguida, segue a categorização para o segundo questionamento, e posterior discussão dos dados referindo-se ao indicador três, o que está acontecendo?

Quadro 43 - Indicadores de categorias na codificação aberta sobre a pressão sanguínea

	Que categoria esse indicador se refere?
A2:	■
A3:	■
A4:	■
A6:	■
A8:	■
A9:	■ ■
A11:	■ ■
A12:	■
A13:	■
A15:	■ ■

A16:  
--

Fonte: A autora

As categorias pré-determinadas surgiram através da análise dos mapas, redes e fluxogramas. Nos mapas dos estudantes A2; A3; A4; A6; A8; A12; A13 podemos visualizar o indicador de complexidade, pois através do problema da pressão sanguínea, observamos as relações de conceitos complexos. Nos estudantes A9; A11; A15 e A16 além da complexidade, temos indicador de resolução de problemas, ao descreverem meios de controle da doença, hábitos alimentares e realização de exercícios físicos.

Após esse momento, seguimos para a resposta do terceiro questionamento. Esta aula foi uma das mais problematizadas, e onde surgiram mais questionamentos, pois mesmo se tratando de um tema gerador, presente em várias disciplinas, e tendo eles conhecimento teórico do tema, foi onde houve relatos de maior dificuldade.

Durante o diálogo, quando questionados sobre qual relação complexa mais tinha chamado a atenção, o estudante A3 respondeu:

Eu sabia o que era pressão arterial, sístole e diástole, mas nunca tinha parado e pensado em outras relações, é claro que sabemos a questão da obesidade, tabagismo, essas coisas que contribuem, e então eu pesquisei mais, e vi muitas coisas interessantes de história do desenvolvimento do esfigmomanômetro, acho que essa relação complexa da ciência me chamou atenção. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A3 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

Nesta fala, evidencia-se, que o estudante tinha domínio conceitual do problema discutido, em seu mapa vemos a relação com a disciplina de Física e Biologia, porém não o havia visualizado como um problema complexo, e como o mesmo salienta, ele só se deu conta das relações complexas, ao estudar sobre o esfigmomanômetro, relações estas que não são abordadas em sala de aula. Não se discutem o conceito e seu desenvolvimento histórico, os processos científicos realizados, dando a entender que o conceito surgiu pronto e acabado.

O estudante A2 relata quando se questiona sobre as relações complexas estudadas em sala de aula:

Estudamos pressão em Física e em Biologia, e em nenhuma das disciplinas abordamos a história e o desenvolvimento da pressão arterial. Quando falava em pressão me vinha a cabeça pressão baixa e alta, ou os cálculos de Física. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A2 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

Na descrição acima, percebemos que o estudante, possui o conhecimento sobre pressão arterial, e consegue fazer algumas relações fora deste contexto, ao se referir as políticas públicas para a doença em seu mapa, e o papel do SUS, ao fornecer medicação gratuita para as pessoas que desenvolvem essa doença, mas como visualizamos em seu mapa, essas relações ainda são limitadas, em decorrência de o conteúdo ser abordado de maneira engessada.

A seguir, disponibilizam-se mais fragmentos coletados durante a discussão para uma melhor compreensão dos fatos que serão mencionados, e farão parte da codificação axial.

Sobre a pressão arterial, eu convivo com isso dentro de casa, sei que a alimentação influencia na evolução e desenvolvimento da doença, mas as únicas relações que eu fiz foi com Física, Biologia e Matemática, não consegui ir, além disso. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A4 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

Os depoimentos do estudante A4 e A8, A12, A15, juntamente com os mapas acima relacionados, mostram que existem relações complexas descritas. Destacam-se as biológicas, as físicas, a relação matemática durante a resolução de exercícios de fluídos, juntamente com a relação social, o estilo de vida das pessoas que são hipertensas, a alimentação. Deste modo, por mais que durante a conversa, outros conceitos foram surgindo, dentro do campo de conhecimento possuído foi possível à descrição destes.

“Eu tenho dificuldades em ver as relações complexas, no mapa da covid eu tive o mesmo problema. Isso é normal? ”. Não conseguir ver isso que vocês estão falando? ” (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A6 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

Este relato nos mostra que este estudante, ao participar do diálogo, e o surgimento de vários conceitos que estarão descritos no final desta análise, se

preocupa, em não ter essa visão, e não estabelecer essas ligações. E este sentimento é normal, como coloca Blumer (1969), você não dá significação a um objeto, que não representa nenhum símbolo no seu contexto social, é preciso que haja essa interação, o objeto de estudo necessita de familiarização, para ter uma significação positiva. Refletindo no mesmo sentimento da estudante A9 e A13.

“Eu consegui o que a maioria dos colegas já falou, sobre a saúde, bombardeamento do sangue alimentação, só fiquei nessa área da Biologia mesmo, mas gora vejo que tinha mais coisas”. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A8 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

E:

“Eu tenho o mesmo problema do colega, A6, eu não consigo ver as relações que você está falando, e até algumas que eu vi nos meus colegas”. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A9 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

E também:

Eu pesquisei bastante, até para lembrar o conceito, e consegui assim como o mapa do filme, e da covid fazer as relações de economia, por se tratar de uma doença que atinge muitas pessoas, e as vezes essas pessoas não podem mais trabalhar por causa de uma AVC por exemplo. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A11 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

O estudante A 11 apresenta uma autoconfiança grande, ao ser questionado, “eu pesquisei bastante”, e consegui. Contribuindo para o que Jonassen (1997) traz no capítulo de resolução de problemas, e que será aprofundada na próxima aula, a habilidade em resolver problemas complexos e de identificá-los.

Já o estudante A12, A13 e A15, destacam que só conseguiram estabelecer as relações complexas dentro da pressão sanguínea, e um dos motivos dessa não visualização dos outros conceitos é a falta de contato com situações que gerem esse tipo de problema. Assim observamos os relatos:

“Eu estabeleci relações de complexidade, porém dentro da pressão somente”. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A12 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

A fala do estudante A 12 corrobora com o descrito pela estudante A13, que descreve ainda a dificuldade de entender a complexidade, e por este motivo coloca que pode ter sido este fato que o influenciou a estabelecer relações somente na área biológica, como descreve:

“Eu tive dificuldades, cada coisa que vinha na minha cabeça, eu achava que não era complexo, acho que por isso eu só estabeleci conceitos da minha área”. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A13 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

Em relação ao estudante A15, podemos identificar que ele compreendeu o que eram as relações complexas, mas que durante o diálogo com os colegas, conseguiu identificar coisas que anteriormente não havia observado:

“Tentei fazer o mais completo possível, coloquei várias situações, mas vi que tinha muito mais coisas agora”. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A 15 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

Em contrapartida, o estudante A16, argumenta que:

O que mais me chamou atenção, é que a gente está cheia de problemas complexos e a gente não vê, acho que a respiração é complexa, eu estou extraindo complexidade de tudo, fico pesquisando sobre o que me dá curiosidade (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A16 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 09/10/2020).

Neste último relato, evidencia-se que o estudante, ao se deparar com esses questionamentos, foi instigado a prestar atenção em situações básicas da vida, como ele mesmo cita a respiração, e está curiosidade o leva a pesquisar sobre coisas que antes passavam despercebidas. Ressaltando a importância de despertar a curiosidade, para uma interação mais sólida dos estudantes com os conteúdos.

Durante a análise da pesquisadora sobre os conceitos, reações e sentimentos dos estudantes, destaca-se a importância do interacionismo simbólico, ao considerar que “Os significados proporcionados, pelos elementos

ao homem, são intrinsecamente fundamentais.”. (BLUMER, 1969, p.127). Isto é, ignorar, o significado dos elementos com os quais os homens se relacionam, é falsificar, o comportamento que está sendo analisado, pois este motivo estas descrições são fundamentais para dar corpo aos processos de codificação.

Neste sentido, apresenta-se um mapa conceitual desenvolvido durante a aula pela pesquisadora, conforme diálogo com os estudantes, e uma descrição sucinta de algumas relações que não aparecem nos mapas anteriormente.

Os conceitos formulados foram descritos durante a discussão dos mapas elaborados anteriormente pelos estudantes. No que concerne, a relação histórica do tema, foi apresentado aos estudantes o berço do estudo, saindo da Grécia, perpassando pelo Egito. Chegando a Herófilo, anatomista, que desenvolveu a doutrina do pulso, que pode ser relacionada com a acústica na Física, pois o mesmo correlacionou os movimentos da sístole e da diástole com os sons musicais, descrevendo o pulso como um fenômeno que ocorria dentro dos vasos.

Em seguida estabeleceu-se a discussão da evolução do esfigmomanômetro que passou por vários cientistas como Santorio Santorio e Galileu Galilei, do estudo da circulação que aflorou nesse momento. Discutiui-se também a ética dentro da ciência, pois a primeira medição da pressão arterial ocorreu em um animal, e era uma técnica evasiva. Descobrimos assim, o fenômeno da pressão sanguínea.

Ressaltou-se o estudo da viscosidade por Jean Léonard Marie Poiseuille (1799-1869) médico e físico, pioneiro da hemodinâmica, que desenvolveu o tubo em U, que utilizamos até hoje nos laboratórios de pesquisa.

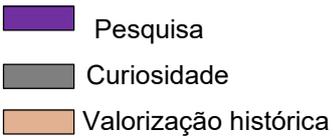
Evidenciou-se neste período a relação de ciência e arte, com a obra que mais se destaca do pintor renascentista, Giovanni Di Paolo (1403-1483), representando decapitação de São João Batista, com vasos jorrando e gotejando, fazendo alusão ao processo da sístole e da diástole.

Essas foram algumas das relações que geraram curiosidade nos estudantes, situações que nunca tinham visto dentro da universidade, e fazem parte do processo de desenvolvimento da pressão arterial. No mapa abaixo se encontram muitas outras relações complexas não descritas neste momento.

4.1.18 Codificação axial das relações complexas da pressão arterial

Durante este processo, seguem-se os mesmos princípios citados nas outras aulas. Pauta-se no problema de pesquisa, e nas categorias de análise da fase anterior.

Quadro 44 - Codificação axial para a Pressão Sanguínea

Codificação aberta	Códigos/Categorias	Codificação axial/subcategorias
A2: Estudamos pressão em Física e em Biologia, e em nenhuma das disciplinas abordamos a história e o desenvolvimento da pressão arterial [...]	Conscientização de que os conceitos complexos não são abordados em sala de aula	 <p>Pesquisa Curiosidade Valorização histórica</p>
A3: Eu sabia o que era pressão arterial, sístole e diástole, mas nunca tinha parado e pensado em outras relações [...] [...] então eu pesquisei mais, e vi muitas coisas interessantes de história do desenvolvimento do esfigmomanômetro, acho que essa relação complexa da ciência me chamou atenção.	Conhecimento do tema, mas sem estabelecimentos de relações complexas; Pesquisa para uma compreensão melhor do conceito e da ciência.	
A4: Sobre a pressão arterial, eu convivo com isso dentro de casa, sei que a alimentação influencia na evolução e desenvolvimento da doença, mas as únicas relações que eu fiz foi com Física, Biologia e Matemática, não consegui ir, além disso.	Familiaridade com o problema, ao dizer convivo com isso em casa; Mas isso não foi suficiente para estabelecer outras relações.	
A6: Eu tenho dificuldades em ver as relações complexas, no mapa da covid eu tive o mesmo problema. Isso é normal? Não conseguir ver isso que vocês estão falando?	Sentimento de preocupação em não conseguir visualizar relações complexas.	
A8: Eu consegui o que a maioria dos colegas já falou, sobre a saúde, bombardeamento do sangue alimentação, só fiquei nessa área da Biologia mesmo, mas gora vejo que tinha mais coisas.	Limitação de conceitos; Visualização que outras relações podem ser estabelecidas	
A9: Eu tenho o mesmo problema do colega, A6, eu não consigo ver as relações que você está falando, e até	Preocupação em desenvolver relações e compreender o que os colegas	

algumas que eu vi nos meus colegas.	apresentaram.	
A11: Eu pesquisei bastante, até pra relembrar o conceito, e consegui assim como o mapa do filme, e da covid fazer as relações de economia, por se tratar de uma doença que atinge muitas pessoas, e as vezes essas pessoas nem podem mais trabalhar por causa de uma Avc por exemplo	Utilização da pesquisa para estabelecimento de meios de comunicação com outras áreas do conhecimento.	
A12: Eu estabeleci relações de complexidade, porém dentro da pressão somente.	Limitação dentro de uma única área de conhecimento.	
A13: Eu tive dificuldades, cada coisa que vinha na minha cabeça, eu achava que não era complexo, acho que por isso eu só estabeleci conceitos da minha área.	Dificuldades, em diferenciar conceitos lineares de complexos.	
A15: Tentei fazer o mais completo possível, coloquei várias situações, mas vi que tinha muito mais coisas agora.	Ampliação de visão após a discussão dos conceitos	
A16: O que mais me chamou atenção, é que a gente está cheio de problemas complexos e a gente não vê, acho que a respiração é complexa, eu estou extraindo complexidade de tudo, fico pesquisando sobre o que me da curiosidade	Desenvolvimento de habilidades para se identificar problemas complexos, através do uso da pesquisa e curiosidade.	

Fonte: A autora

Quadro 45 - Categorias emergentes da codificação axial para a Pressão Sanguínea

Categorias Emergentes	
	Pesquisa
	Curiosidade
	Valorização histórica

Fonte: A autora

As categorias que surgiram na codificação axial referem-se ao estudo dos mapas, e análise dos fragmentos de fala dos estudantes, neste processo observamos a pesquisa, como meio fundamental para o estabelecimento de relações complexas do tema pressão sanguínea. A curiosidade como meio facilitador destas relações, pois como menciona o estudante A16, a curiosidade em saber mais de relações complexas, o levou a pesquisar e por último a

categoria de valorização histórica, tendo acima vários estudantes dizendo que tem dificuldade em estabelecer relações complexas daquele tema. Se esta categoria fosse discutida durante as aulas, facilitaria o processo de abstração e aprendizagem.

4.1.19 Quinta etapa da investigação: resolução de problemas complexos do Halliday volume II (etapa da codificação aberta)

Esta etapa é o ponto chave desta investigação, pois objetiva-se em analisar as relações complexas, estabelecidas pelos estudantes, perante a resolução de problemas complexos. As etapas anteriores se concretizam como aulas piloto, visando desenvolver leituras mais críticas de situações reais, e possíveis relações complexas.

Neste momento os estudantes vão utilizar a capacidade de organização de dados dos problemas, suas diferentes leituras e interpretações. Testando algumas das fases necessárias descritas por Jonassen (1997), para a resolução de problemas, que se encontram no capítulo dois desta dissertação.

Para início deste momento, já na aula anterior a pesquisadora disponibilizou para fins de estudo, um material sobre fluidos com fórmulas e conceitos do *Halliday*, para que os mesmos durante a semana pudessem revisar o conteúdo, e dez problemas complexos de Física voltados a Biologia, extraídos dessa coletânea. Como uma das principais características propostas por Jonassen (1997), no que tange a resolução de problemas complexos, é a formação de grupos, para que as ações cognitivas que um não conseguir estabelecer o outro vier auxiliar, uma vez que o mesmo descreve as diferentes habilidades que podem ser desenvolvidas individualmente neste processo, os mesmos foram auxiliados na plataforma Moodle a se inscrever em um dos cinco grupos disponibilizados, escolher três problemas de ordem complexa, efetuar sua resolução, e desenvolver um mapa, uma rede, ou um fluxograma sobre estas relações, para que fossem discutidas com a turma, na aula do dia 23/10/2020. Dando um espaço de 15 dias para que os mesmos se organizassem.

A discussão desta atividade teve a duração de 4 h aproximadamente, e contou com a participação dos 26 alunos matriculados na disciplina.

Para início da codificação aberta, utilizaremos as mesmas categorias de análise retiradas do título desta pesquisa.

- Formação de professores;
- Resolução de Problemas;
- Complexidade.

E os três questionamentos imprescindíveis para desenvolvimento desta etapa:

- I. Este dado se refere a este estudo?
- II. A que categoria esse indicador se refere?
- III. O que está acontecendo?

Logo em seguida apresentam-se todos os problemas complexos disponibilizados aos alunos com suas resoluções, e posteriormente a análise dos exercícios executadas pelos estudantes.

1) Um mergulhador novato, praticando em uma piscina, inspira ar suficiente do tanque para expandir os pulmões antes de abandonar o tanque a uma profundidade L e nadar para superfície. Ele ignora as instruções e não exala o ar durante a subida. Ao chegar a superfície, a diferença entre a pressão externa a que está submetido, e a pressão do ar nos pulmões é de 9,3 kPa. De que profundidade partiu? Que risco está correndo?

Relações complexas:

- Biológicas;
- Químicas (Misturas gasosas);
- Trocas de gases entre a atmosfera e o sangue.
- Ventilação/Respiração pulmonar;
- Anatomia;
- Pressão;
- Ciclo respiratório;
- Metabolismo
- Circulação sanguínea

Resolução:

Profundidade: L ?

Δp exterior e interior= 9,3. 10^3 Pa

Em uma profundidade h temos:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

$$p - p_0 = \rho \cdot g \cdot h$$

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$$

Sabendo que:

$$\rho_{H2O} = 998 \frac{kg}{m^3}$$

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$= 1 \text{ Kg.m/s}^2.\text{m}^2$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg/s}^2.\text{m}$$

$$h = \frac{9,3 \cdot 10^3 \frac{kg}{s^2} \cdot m}{\left(998 \frac{kg}{m^3}\right) \cdot \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$h = \frac{9,3 \cdot 10^3 \text{ m}}{9780,4}$$

$$h = 0,95 \text{ m} = L$$

- A diferença de pressão interna e externa é muito alta fazendo com que seja possível uma rápida expansão dos órgãos internos, sendo suficiente para romper os pulmões do mergulhador.

2) O fêmur, que é o principal osso da perna, tem um diâmetro mínimo, no adulto de sexo masculino de aproximadamente 28 cm, qual o valor da carga compressiva necessária para quebra-lo?

Relações complexas:

- Anatomia;
- Química (formação do osso e as moléculas que constituem as ligações moleculares);

- Nutrição;
- Matemática, formação de eixos mecânicos/ ângulos e suas variações;

- Ciência e arte;

- Ética.

Resolução:

$$D = 28 \text{ cm}$$

Tabela (12-1) Halliday 10ª Ed

Limite de ruptura de um osso é dada por $S = 170 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ (para cargas compressivas)

28 cm = 0,28 m

Considerando a área de um osso como sendo próxima a de um círculo temos:

$$A_{\text{osso}} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$A_{\text{osso}} = \pi \cdot \left(\frac{0,28}{2}\right)^2$$

$$A_{\text{osso}} = \pi \cdot (0,14)^2$$

$$A_{\text{osso}} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$= 6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- O módulo de Young é dado por:

$$\frac{F}{A} = E \cdot \frac{\Delta L}{L} \cdot s$$

$$\frac{F}{6 \cdot 10^{-2}} = 170 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$F = (170 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2) \cdot (6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2)$$

$$F = 1020 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$F = 1,02 \cdot 10^7 \text{ N}$$

3) A área A_0 da seção transversal da aorta (maior artéria que emerge do coração) de uma pessoa normal em repouso é de 3 cm^2 , e a velocidade u_0 do sangue é de 30 cm/s . Um capilar típico (diâmetro de $6 \mu\text{m}$) tem uma área de seção transversal de $3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2$ e uma velocidade de escoamento v de $0,05 \text{ cm/s}$. Quantos capilares essa pessoa possui?

Relações complexas:

- Circulação;
- Vasos sanguíneos;
- Sangue;
- Metabolismo molecular;
- Capilaridade;
- Reações químicas;
- Ciência e arte;

$$A_0 = 3 \text{ cm}^2$$

$$v_0 = 30 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$A_{\text{capilar}} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2$$

$$v_{\text{capilar}} = 0,05 \text{ cm/s}$$

Temos que pela equação da continuidade

$$A_0 \cdot v_0 = n \cdot A_{\text{capilar}} \cdot v_{\text{capilar}}$$

$$\text{cm}^2 \cdot 30 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = n \cdot (3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2) \cdot 0,05 \text{ cm/s}$$

$$\frac{90 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}}{15 \cdot 10^{-9} \text{ cm}^3/\text{s}} = n$$

$$n = 6 \cdot 10^6 \text{ capilares}$$

4) Durante a Segunda Guerra Mundial, um cargueiro danificado que mal era capaz de flutuar nas águas salgadas do Mar do Norte, naufragou porque subiu o Tâmesa em direção as docas de Londres. Por quê?

Relações complexas:

- História;
- Geográfica;
- Social;
- Econômica

Resolução:

O cargueiro naufragou devido à diferença de densidade entre a água salgada e doce. Como a água doce é menos densa que a salgada, o cargueiro conseguia flutuar tranquilamente. Já, quando passou a navegar em águas salgadas o navio naufragou, não conseguindo manter o equilíbrio necessário para flutuar em uma densidade maior.

5) O sangue leva cerca de 1,00 s para passar através de um vaso capilar de 1,00 mm de comprimento, no sistema circulatório humano. Se o diâmetro do vaso capilar é 7,0 μm e se a queda de pressão 2,60 kPa, determine a viscosidade do sangue. Suponha o escoamento laminar.

Relações complexas:

- Circulação sanguínea;
- Variação de pressão;
- Flúidos;
- Plasma;

- História (Grécia Antiga);
- Transfusão sanguínea
- Ciência e arte
- 1,00 s 1,00 m

$$d = 7 \mu\text{m}$$

$$\Delta p = 2,6 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$n = ?$$

Convertendo de mm para metro:

$$1 \text{ mm} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

A partir disso temos a velocidade média:

$$\bullet \quad v = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Para o escoamento viscoso temos:

$$\Delta p = RIV$$

$$\Delta p = 8 \cdot n \cdot \frac{L}{\pi r^4} \cdot IV \quad (1)$$

Onde a razão volumétrica é dada por:

$$IV = v \cdot A$$

Supondo que área de um capilar seja próxima a de um círculo temos:

$$A = \pi r^2, \text{ logo}$$

$$IV = \pi r^2 \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1):

$$\Delta p = \frac{8 \cdot n \cdot L \cdot v \cdot \pi \cdot r^2}{\pi r^4}$$

$$\Delta p = \frac{8nLv}{r^2}$$

Isolando n:

$$\Delta p \cdot r^2 = 8nLv$$

$$n = \frac{\Delta p \cdot r^2}{8Lv}$$

$$n = \frac{(2,6 \cdot 10^3 \text{ Pa}) \cdot \left(\frac{7 \cdot 10^{-6}}{2} \text{ m}\right)^2}{8 \cdot (1 \cdot 10^{-3} \text{ m}) \cdot \left(\frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{\text{s}}\right)}$$

$$n = \frac{(2,6 \cdot 10^3 \text{ Pa}) \cdot (3,5 \cdot 10^{-6} \text{ m})^2}{8 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$n = \frac{(2,6 \cdot 10^3 \text{ Pa}) \cdot (12,56 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2)}{8 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$n = \frac{31,85 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^2}{8 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$n = 3,98 \text{ Pa/s}$$

6) Um peixe se mantém na mesma profundidade na água doce ajustando a quantidade de ar em ossos porosos ou em bolsas de ar para tornar sua massa específica média igual à da água. Suponha que, com as bolsas de ar vazias, um peixe tem uma massa específica de 1,08 g/cm³. Para que fração de seu novo volume o peixe deve inflar as bolsas de ar para tornar sua massa específica igual à da água?

Relações complexas:

- Relações químicas (constituição dos ossos);
- Ecossistema
- Características da água;
- Respiração;
- Pressão;
- Temperatura sanguínea;

$h = \text{constante}$;

$$\rho_{\text{peixe}} = 1,08 \text{ g/cm}^3 \rightarrow v$$

$$\rho_{\text{inflado}} = 1,0 \text{ g/cm}^3 \rightarrow v_{pi}$$

A massa específica do peixe é dada por:

$$\rho_{\text{peixe}} = \frac{m_{\text{peixe}}}{v}$$

$$m_{\text{peixe}} = \rho_{\text{peixe}} \cdot v \quad (1)$$

Quando o peixe infla suas bolsas com ar, o seu volume irá aumentar proporcionalmente ao volume do ar:

$$\rho_{p.\text{inflado}} = \frac{m_{\text{peixe}}}{v + v_{pi}}$$

$$m_{\text{peixe}} = \rho_{p.\text{inflado}} \cdot (v + v_{pi}) \quad (2)$$

Igualando (1) e (2):

$$\rho_{\text{peixe}} \cdot v = \rho_{p.\text{inflado}} \cdot (v + v_{pi})$$

$$1,08 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot v = 1,0 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot (v + v_{pi})$$

$$\frac{v}{v+v_{pi}} = \frac{1,0 \text{ g/cm}^3}{1,08 \text{ g/cm}^3}$$

$$\frac{v}{v+v_{pi}} = 0,074 \rightarrow 7,4\%$$

7) Os mergulhadores são aconselhados a não viajar de avião nas primeiras 24 h após um mergulho porque o ar pressurizado usado durante o mergulho pode introduzir nitrogênio na corrente sanguínea. Uma redução súbita da pressão do ar (como a que acontece quando um avião decola) pode fazer com que o nitrogênio forme bolhas no sangue, capazes de produzir embolias dolorosas ou mesmo fatais. Qual é a variação de pressão experimentada por um soldado da divisão de operações especiais que mergulha a 20 m de profundidade em um dia e salta de paraquedas, de uma altitude de 7,6 km, no dia seguinte? Suponha que a massa específica média do ar nessa faixa de altitudes é de $0,87 \text{ kg/m}^3$.

Relações complexas:

- Diferença de pressão;
- Circulação sanguínea
- Respiração/Ventilação;
- Acidente de descompressão;
- Problemas cardiovasculares;
- Profundidade;
- Força peso;
- Equilíbrio de forças;

Resolução:

$$\downarrow 20m \quad \text{Mergulha dia 1} \rightarrow \rho = 1,024 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \rightarrow \frac{1024\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\downarrow 7,6 \text{ km} \quad \text{Salta dia 2} \rightarrow \rho = 0,87 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\Delta p = ?$$

A pressão em uma altura h é dada por:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Para o mergulho teremos:

$$p_{mer} = p_0 + \rho_{H_{20}} \cdot g \cdot h$$

$$\text{Sendo } g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$p_{mer} = p_0 + 1024 \frac{kg}{m^3} \cdot 20 m \cdot (9,8 \frac{m}{s^2})$$

$$p_{mer} = p_0 + 200,704 \frac{kg}{m} \cdot s^2$$

Para o salto de paraquedas:

$$p_{\Delta p} = p_0 + 0,87 \frac{kg}{m^3} \cdot 7,6 \cdot 10^3 m \cdot (9,8 m/s^2)$$

$$p_{\Delta p} = p_0 + 64,7976 \cdot 10^3 \frac{kg}{m} \cdot s^2$$

Calculando a diferença de pressão:

$$\Delta p = p_{mer} - p_{\Delta p}$$

$$\Delta p = p_0 + 200 \cdot 10^3 \frac{kg}{m} \cdot s^2 - p_0 + 64,7976 \cdot 10^3 \frac{kg}{m} \cdot s^2$$

$$\Delta p = 135,20 \cdot 10^3 \frac{kg}{m} \cdot s^2$$

$$\Delta p \approx \frac{1,4 \cdot 10^5 kg}{m} \cdot s^2$$

$$\Delta p \approx 1,4 \cdot 10^5 Pa$$

8) Pressão arterial do Argentinossauro. (a). Se a cabeça desse saurópode gigantesco ficava a 21 m de altura e o coração a 9,0 m, que pressão manométrica (hidrostática) era necessária na altura do coração para que a pressão no cérebro fosse 80 torrs (suficiente para abastecer o cérebro)? Suponha que a massa específica do sangue do argentinossauro era $1,06 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (b) Qual era a pressão arterial (em torr) na altura dos pés do animal?

Relações complexas:

- Histórica;
- Circulação sanguínea;
- Reinos dos animais;
- Paleontologia;
- Geologia/ formação da Terra
- Era mesozoica
- Triássico, Jurássico e Cretáceo.

Resolução:

h cabeça = 21 m $\rightarrow p$?

h coração = 9,0 m $\rightarrow p = torr \rightarrow 10665,8 Pa$

A pressão manométrica é dada por:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Onde p_0 equivale a pressão no cérebro

- $\rho = \text{massa específica} \rightarrow \rho = 1,06 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- $p = \text{pressão no coração.}$

$$p_{\text{coraç}} = 10665,8 \text{ Pa} + \left(\frac{1,06 \cdot 10^3 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot (21\text{m} - 9\text{m})$$

$$p_{\text{coração}} = 10665,8 \text{ Pa} + \left(\frac{1,06 \cdot 10^3 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot (12\text{m})$$

$$p_{\text{coração}} = 10665,8 \text{ Pa} + 124,656 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{coração}} = 135321,8 \text{ Pa} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ Pa ou } 1,0 \cdot 10 \text{ torr}$$

b) $p_{\text{pés}} = p_{\text{cérebro}} + \rho \cdot g \cdot h_{\text{cabeça}}$

$$p_{\text{pés}} = 10665,8 \text{ Pa} + \left(\frac{1,06 \cdot 10^3 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot (21\text{m})$$

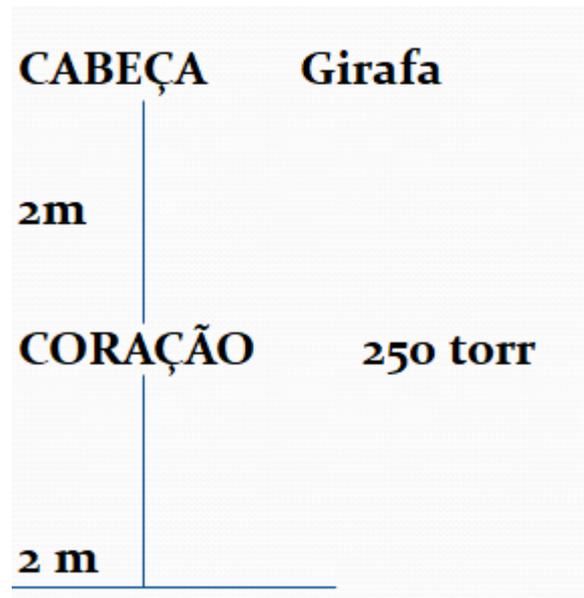
$$p_{\text{pés}} = 10665,8 \text{ Pa} + 218,48 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{pés}} = 228.813,8 \text{ Pa} = 2,3 \cdot 10^5 \text{ Pa ou } 1,7 \cdot 10^3 \text{ torr}$$

9) Em uma girafa, com a cabeça 2,0 m acima do coração e o coração 2,0 m acima do solo, a pressão manométrica (hidrostática) do sangue na altura do coração é 250 torr. Suponha que a girafa está de pé e a massa específica do sangue é $1,06 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Determine a pressão arterial (manométrica) em torr (a) no cérebro (a pressão deve ser suficiente para abastecer o cérebro com sangue) e (b) nos pés (a pressão deve ser compensada pela pele esticada, que se comporta como uma meia elástica). (c) Se a girafa baixasse a cabeça bruscamente para beber água, sem afastar as pernas, qual seria o aumento da pressão arterial no cérebro?

Relações complexas:

- Circulação sanguínea;
- Pressão sistólica;
- Transporte de substâncias;
- Fisiologia animal;
- Mamíferos;
- Biomas;
- Endotermia;
- Teorias Evolutivas (Lamarck e Darwin);

Resolução:**Figura 36 - Esquema circulação sanguínea da Girafa**

Fonte: A autora.

$$\rho = 1,06 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- a) Do coração para o cérebro o sangue estará contra a gravidade:

$$p_{\text{cérebro}} = p_{\text{coração}} - \rho \cdot g \cdot h$$

$$p_{\text{cérebro}} = (250 \cdot 133,32) - \left(\frac{1,06 \cdot 10^3 \text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot (2,0 \text{ m})$$

$$p_{\text{cérebro}} = (333 \cdot 10^2 \text{ Pa}) - 20,776 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{cérebro}} = 12524 \text{ Pa} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ ou } 94 \text{ torr}$$

- b) $p_{\text{pés}} = p_{\text{coração}} + \rho \cdot g \cdot h$

$$p_{\text{pés}} = (333 \cdot 10^2 \text{ Pa}) + \left(\frac{1,06 \cdot 10^3 \text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot (2,0 \text{ m}) = 333 \cdot 10^2 \text{ Pa} + 20,776 \text{ Pa}$$

$$= 54076 \text{ Pa} \rightarrow 5,4 \cdot 10^4 \text{ Pa ou } 4,1 \cdot 10^2 \text{ torr}$$

- c) $\Delta p = p_{\text{pés}} - p_{\text{cabeça}}$

$$\Delta p = 5,4 \cdot 10^4 \text{ Pa} - 1,2 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 4,2 \cdot 10^4 \text{ Pa ou}$$

$$\Delta p = 410 \text{ torr} - 94 \text{ torr} = 316 \text{ torr}$$

10) Quando um piloto faz uma curva muito fechada em um avião de caça moderno, a pressão do sangue na altura do cérebro diminui e o sangue deixa de abastecer o cérebro. Se o coração mantém a pressão manométrica (hidrostática) da aorta em 120 torr quando o piloto sofre uma aceleração centrípeta horizontal de 4g, qual é a pressão sanguínea no cérebro (em torr), situado a 30 cm de distância do coração no sentido do centro da curva? A falta de sangue no cérebro pode fazer com que o piloto passe a enxergar em preto e branco e o campo visual se estreite, um fenômeno conhecido como “visão de túnel”. Caso persista, o piloto pode sofrer a chamada g- LOC (g-induced loss of consciousness — perda de consciência induzida por g). A massa específica do sangue é $1,06 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

Relações complexas:

- Diferença de pressão;
- Circulação sistêmica;
- Anoxia cerebral;
- Lei de Bernoulli;
- Estrutura do olho;
- Perda da visão periférica.

Resolução:

$$p_{\text{coração}} = 120 \text{ torr} = p_0$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$\rho = 1,06 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$p = ?$$

$$g = 4g$$

$$p_{\text{cérebro}} = p_{\text{coração}} - \rho \cdot g \cdot h$$

$$p_{\text{cérebro}} = (120 \cdot 133,3) - \left(1,06 \cdot \frac{10^3 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \left(4,9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot (0,3 \text{ m})$$

$$= (160 \cdot 10^2 \text{ Pa}) - (12,47 \cdot 10^3 \text{ Pa})$$

$$p_{\text{cérebro}} = 3530 \text{ Pa} = 3,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \text{ ou } 26,5 \text{ torr.}$$

Nestas resoluções encontram-se todos os problemas descritos no capítulo dois, bem como algumas das relações complexas, que podem ser extraídas e discutidas durante a aplicação em sala de aula, que tornariam a troca

de conhecimentos mais rica. No sentido, de instigar o estudante sobre outros problemas que estão dentro do problema central, e que são caminhos importantes para a resolução deste.

Como já mencionado, as equipes foram divididas em cinco, quatro com cinco alunos, e uma com seis, e repetiram-se alguns dos problemas. Uma das equipes não enviou o material para a discussão dos problemas.

Como já foram descritas todas as resoluções e as análises dimensionais, ressalta-se que todos os problemas escolhidos pelas equipes matematicamente foram resolvidos, faltando apenas algumas considerações, em unidades de medida e potência, que foram rearranjados na discussão dos problemas.

Seguem-se os mapas desenvolvidos pelos estudantes e seus respectivos problemas. Desta vez identificarei os estudantes por equipe, e não individualmente.

Figura 37 - Equipe I: Problemas 2, 3 e 4 - Questão 2



Fonte: A autora

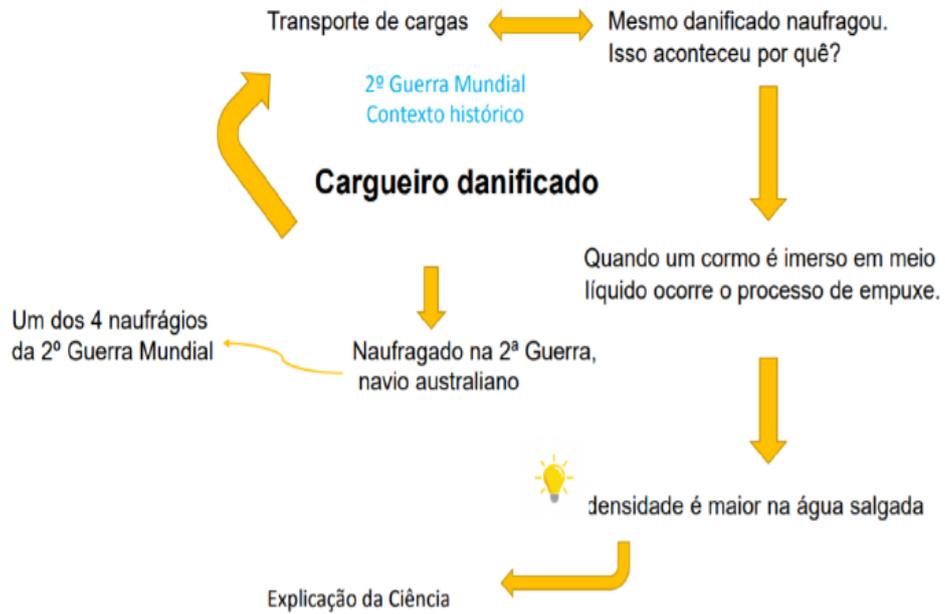
Figura 38 - Equipe I: Problemas 2, 3 e 4 – Questão 3

Questão 3:



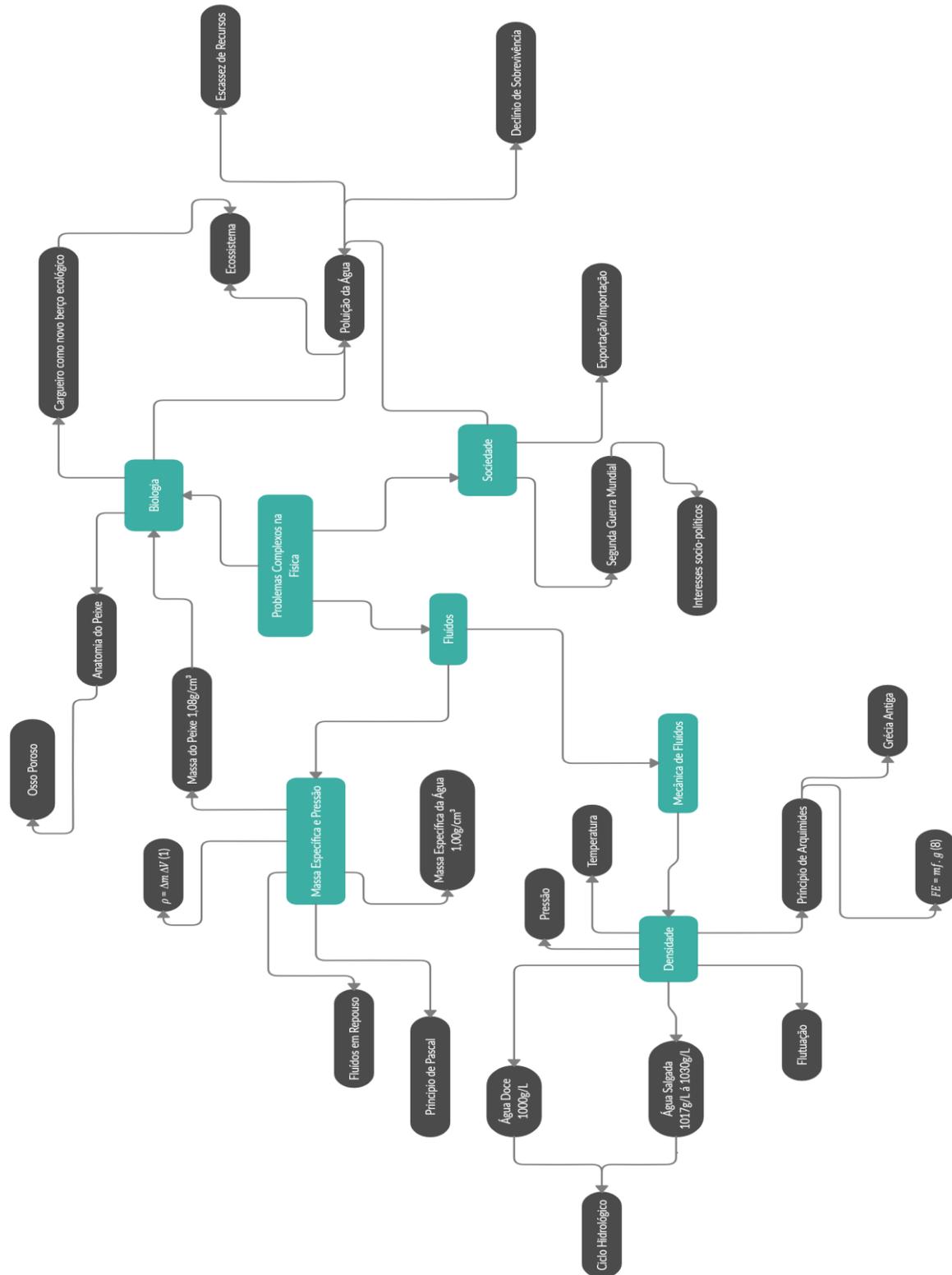
Fonte: A autora

Figura 39 - Equipe I: Problemas 2, 3 e 4 – Questão 4



Fonte: A autora

Figura 41 - Equipe III: Problemas 2, 4, e 6 – Questão 2, 4 e 6



Fonte: A autora

Figura 42 - Equipe IV: Problemas 6 e 7 e 8 – Questão 6

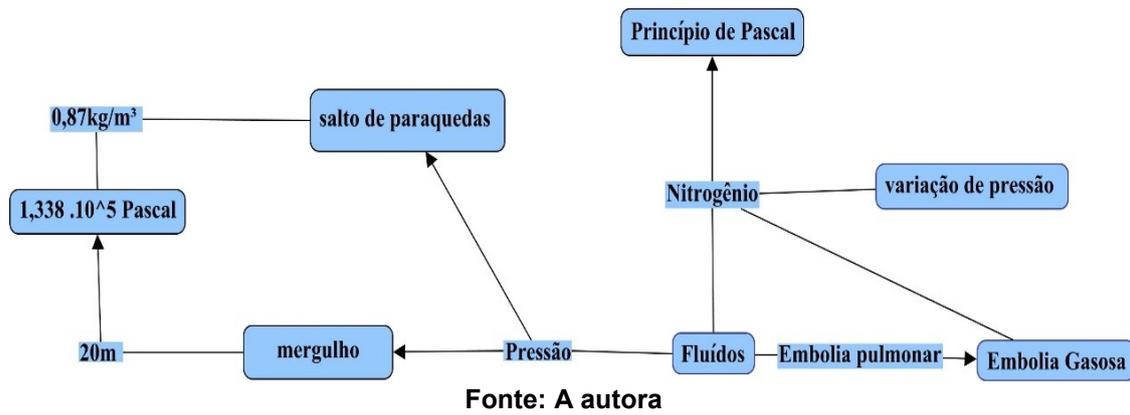
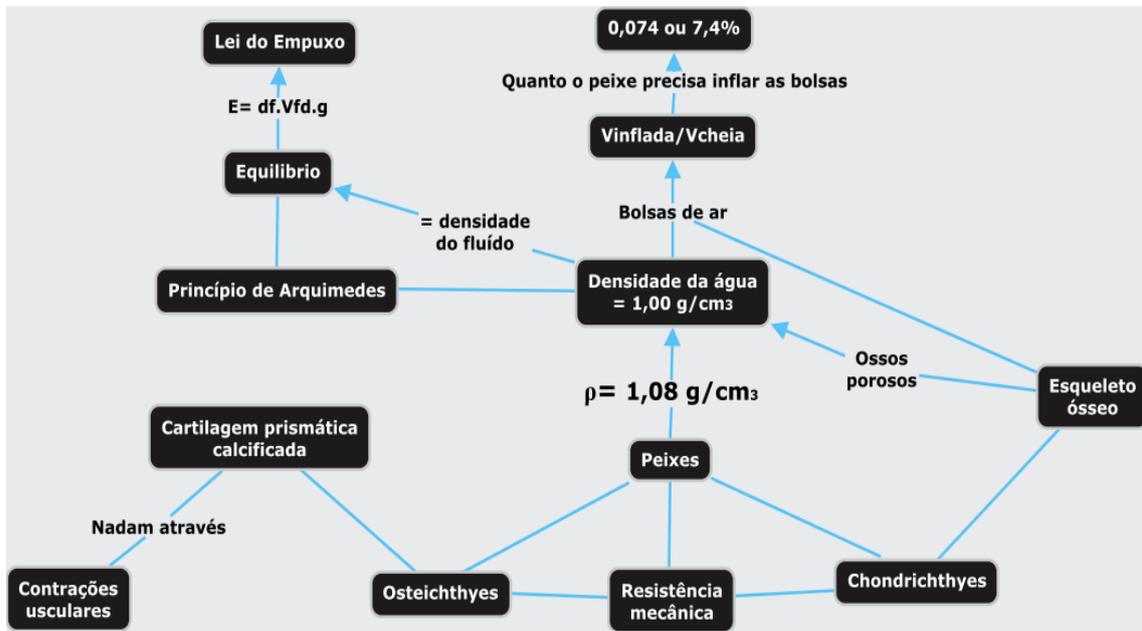
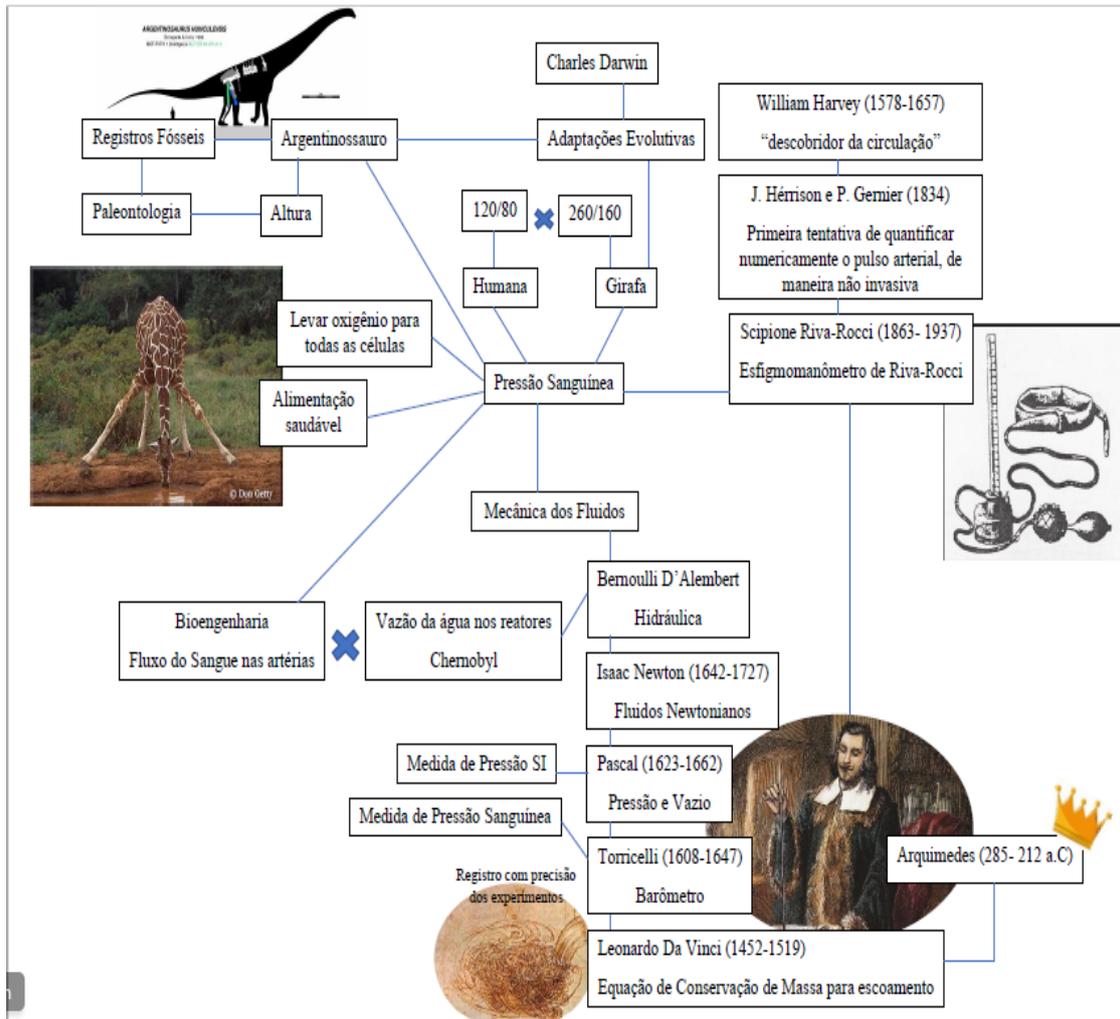


Figura 43 - Equipe IV: Problemas 6 e 7 e 8 – Questão 7



Fonte: A autora

Figura 44 -Equipe IV: Problemas 6 e 7 e 8 – Questão 8



Fonte: A autora

Quadro 46 - Indicadores de categorias na codificação aberta para os problemas complexos

A que categoria esse indicador se refere?	
Problemas escolhidos pela equipe I:	 
Problemas escolhidos pela equipe II:	 
Problemas escolhidos pela equipe III:	 

Fonte: A autora

As escolhas das categorias surgem da análise dos mapas, todas as equipes estabeleceram relações complexas, a fim de resolver os problemas propostos.

Por conseguinte, após as análises que resultaram na primeira e segunda etapa dos questionamentos, seguimos para a fase três: O que está acontecendo?

Faz-se importante salientar que por mais que alguns problemas foram repetidos nas equipes, as resoluções matemáticas foram as mesmas. Mas as relações complexas estabelecidas são completamente distintas.

Isso se torna claro, ao analisar o mapa da equipe dois e três, sobre o problema quatro, do naufrágio. Era um problema simples, como relatado pelas duas equipes, o maior problema, foi relacionar a densidade da água como elemento chave para a formulação da resposta. Além das relações complexas descritas nessa resolução, temos a questão como os estudantes descreveram o papel dos navios durante a Segunda Guerra Mundial, o fato de relacionarem um naufrágio com a poluição da água, com o berço de ecossistema para novos peixes, com a situação política do momento, nos mostra que ao desenvolver os conceitos chaves para a resposta do problema, eles perpassaram por outras áreas. Como relatam estes estudantes, que para fins de pesquisa vão ser chamados de A1 e A2:

Nós não achamos um exercício difícil sabe, demoramos de prestar atenção na densidade da água, e relacionar com o naufrágio. Mas acho que não pensaríamos nas outras coisas se não estivéssemos estudando complexidade. A gente descreveria a diferença de densidade e pronto. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A1 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

E:

É diferente resolver assim, porque você organiza as coisas, vê que não são só os números, tem coisas por trás. Quando que iríamos pesquisar as relações políticas da época? Ou procurar sobre o Tâmis? (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A2 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

Nos relatos acima identificamos uma visualização mais ampla de complexidade e suas relações, e que os estudantes demonstram um maior interesse por descobrirem diferentes relações dentro dos problemas que estão resolvendo.

No que tange ao problema dois, sobre o fêmur, os estudantes estabeleceram relações com a ciência e arte, com a ética e a bioética, ao falar sobre os testes em animais, e as dissecações humanas, não foi uma visão simplista e puramente biológica, descreveram a miséria e o impacto disso nos ossos, que é o meio de sustentação do nosso corpo, os componentes dos ossos descritos pela equipe um e três, nos permitem enxergar além de uma equação matemática, que sim é importante na resolução do problema, mas além da equação pode-se extrair diversas outras situações e abrir discussões do decorrer das aulas.

Segue abaixo, um relato da estudante chamada de A3 que não conseguia resolver o exercício:

Minha equipe achou difícil, a gente tinha interpretado o exercício como se fosse de elasticidade somente, conseguimos pensar nas relações complexas, pobreza da África, nos desenhos de ossos, mas tivemos que abrir o Halliday e procurar caminhos, até entender que eram um exercício dois em um, de elasticidade e de fluídos, por ter que usar o módulo de Young para resolver. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A3 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

Durante a discussão a pesquisadora, ressaltou que as propriedades físicas e químicas dos sólidos determinam uma plasticidade e elasticidade para o material; se excedido os limites desses valores, próprios para cada material, há a quebra, ruptura ou deformação. O valor de força para ruptura do osso fêmur humano, encontrado por meio de generalização matemática, não correspondendo ao valor real, e sim a uma idealização que não considera toda a complexidade biológica, química e física possível, por este motivo torna-se necessário uma concepção mais aberta considerando como a estudante A3

descreveu diversas situações, como o a pobreza na África que influencia na formação dos ossos.

Este problema ainda atenta para a tentativa de generalizar o estudo anatômico, isso possibilita o entendimento biológico-evolutivo do ser humano, juntamente com todas as suas aplicações. Um bom exemplar de relação complexa trata-se do célebre Leonardo Da Vinci que, por meio de sua intelectualidade, utilizou a ciência para aprimorar sua perspectiva de beleza na arte; o fez com perfeição nunca antes registrada. Leonardo foi criador na Arte, descobridor na Ciência e inventor na Tecnologia, conseguindo integrar de forma paradigmática a Ciência e Arte, de tal forma que uma não seria corretamente entendida sem a outra. E existem relatos de diversas obras, fazendo referência, na configuração dos nossos ossos.

Em relação ao problema três percebe-se que a equipe utilizou os conceitos de pressão arterial para a definição das relações complexas, ao olhar o problema conseguiram relacionar com os conceitos estabelecidos na aula anterior. Mostrando-nos que essa habilidade pode ser desenvolvida mais facilmente, se houver familiaridade com o tema.

A equipe dois fez uma rede bem completa sobre os conceitos que conseguiram desenvolver, assim como as outras duas equipes já mencionadas, também resolveram o problema quatro, e fizeram uma pesquisa além, como relatada pelo estudante A4:

Inicialmente foram escolhidos 3 problemas de Física sobre Mecânica de Fluidos. Para compreender o problema 4, que são as questões, é preciso primeiramente conhecer os conceitos de Gravidade, física e Matemática por trás deles. Contudo, esses problemas vão além de resoluções de exercícios de mecânica de fluídos, o que nos leva a outros problemas para chegar na compreensão dos exercícios. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A4 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

E:

Pesquisamos em artigos vimos que durante o período da Segunda Guerra Mundial houve um grande desenvolvimento armamentista e de novas tecnologias para que fosse possível suprir as necessidades do momento histórico em questão. Para isso foi importante a produção de navios cargueiros para transportar produtos de importação e exportação, onde diversas pessoas trabalharam em sua construção,

com metais que permitissem a sua flutuação nas águas, sem que corroessem. A expansão do comércio, fez com que aumentasse a agricultura, com destaque na monocultura, levando ao desmatamento de grandes áreas afetando o meio ambiente. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A4 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

Concluindo:

Neste sentido, pensamos na relação das plantas, as plantas utilizadas na agricultura são necessárias, mas elas dependem do clima e do tipo de solo em que são cultivadas, já que uma planta necessita de água e luz solar, sendo a segunda captada por uma organela encontrada nela chamada de Cloroplastos. A captação da água pelas plantas é um recurso hídrico que necessita do ciclo da água, em que os rios deságuam nos oceanos, que em seguida evaporam e voltam ao continente em forma das chuvas, relacionando-se assim a hidrosfera. Quanto a água, podemos encontrá-la de forma doce nos rios e salgada nos oceanos. A salinização presente em mares e oceanos acontece pela deposição de sais que foram formados devido ao processo erosão das rochas sedimentares, resultando numa densidade da água maior do que a dos rios. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A4 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

Quando analisamos estes fragmentos de fala e a rede desenvolvida percebemos o quão longe eles conseguiram ir durante a resolução deste problema. Para chegar à resposta da densidade, houve pesquisa histórica, importação e exportação, o tipo de comércio da época, levando a agricultura. Ao processo do ciclo água, ao deságue dos rios, todas as relações que poderiam ser aproveitadas, mas que passam despercebidas quando são trabalhadas.

Descrição da equipe dois, para chegar à resolução dos problemas oito e nove, que para este momento chamaremos de estudante A5:

Estudamos a biosfera primeiramente. A biosfera é definida como a maior organização ecológica, visto que engloba todos os ecossistemas presentes na Terra. Dentro da biosfera encontramos a Atmosfera, conhecida por ser composta por uma camada de gases na superfície Terrestre, que são mantidos pela força gravitacional. Para a resolução do problema 9, é importante que entender as relações diretas entre a pressão exercida pelo ar e a pressão sanguínea no corpo dos seres vivos. Para isso, deve-se entender como o aumento da altitude faz com que se diminua a pressão exercida pelo ar sobre nós, devido à menor força aplicada pela gravidade nas moléculas de oxigênio na atmosfera. O inverso ocorre quando nos deslocamos para locais de altitudes mais baixas, influenciando diretamente no aumento da pressão atmosférica, que agora sofre maior ação gravitacional. Enquanto isso, a Litosfera é reconhecida por ser a camada sólida mais externa do Planeta, onde estão localizadas as populações de seres vivos. (ÁUDIO

TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A5 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

Também:

Depois pesquisamos a girafa, e vimos que é um mamífero do grupo dos Deuterostômios, onde a primeira abertura a se formar a partir do blastóporo é o ânus. Junto com esse grupo podemos encontrar os Protostômios, que apresentam a formação da boca como o primeiro orifício. Dentre essas diferenças entre o desenvolvimento embrionário de acordo com cada espécie, temos aquelas que apresentam o sistema sanguíneo fechado, nesse caso o sangue circula por todo o corpo através de veias, artérias e vasos. O sistema circulatório depende do coração para bombear o sangue por todo corpo, que por sua vez irá exercer pressão nas paredes das veias e vasos. Chegando assim ao entendimento dos problemas do oitavo exercício, do Argentinossauro, que também está relacionado a pressão sanguínea. Esses animais surgiram na Era Mesozoica na época em que existia um supercontinente chamado de Pangeia Para o entendimento dessa questão é necessário ter o conhecimento básico sobre paleontologia e geologia que relata a formação do planeta Terra e de seus continentes, que surgiram através da movimentação das placas tectônicas ocasionando vulcões e terremotos e que permitiram o desenvolvimento da vida, como a conhecemos. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A5 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

Percebe-se nitidamente que relações de complexidade para estes problemas foram organizadas mediante pesquisa, e nos mostra como uma situação simples como essa desencadeia diversas situações, oriundas de outras áreas de conhecimento.

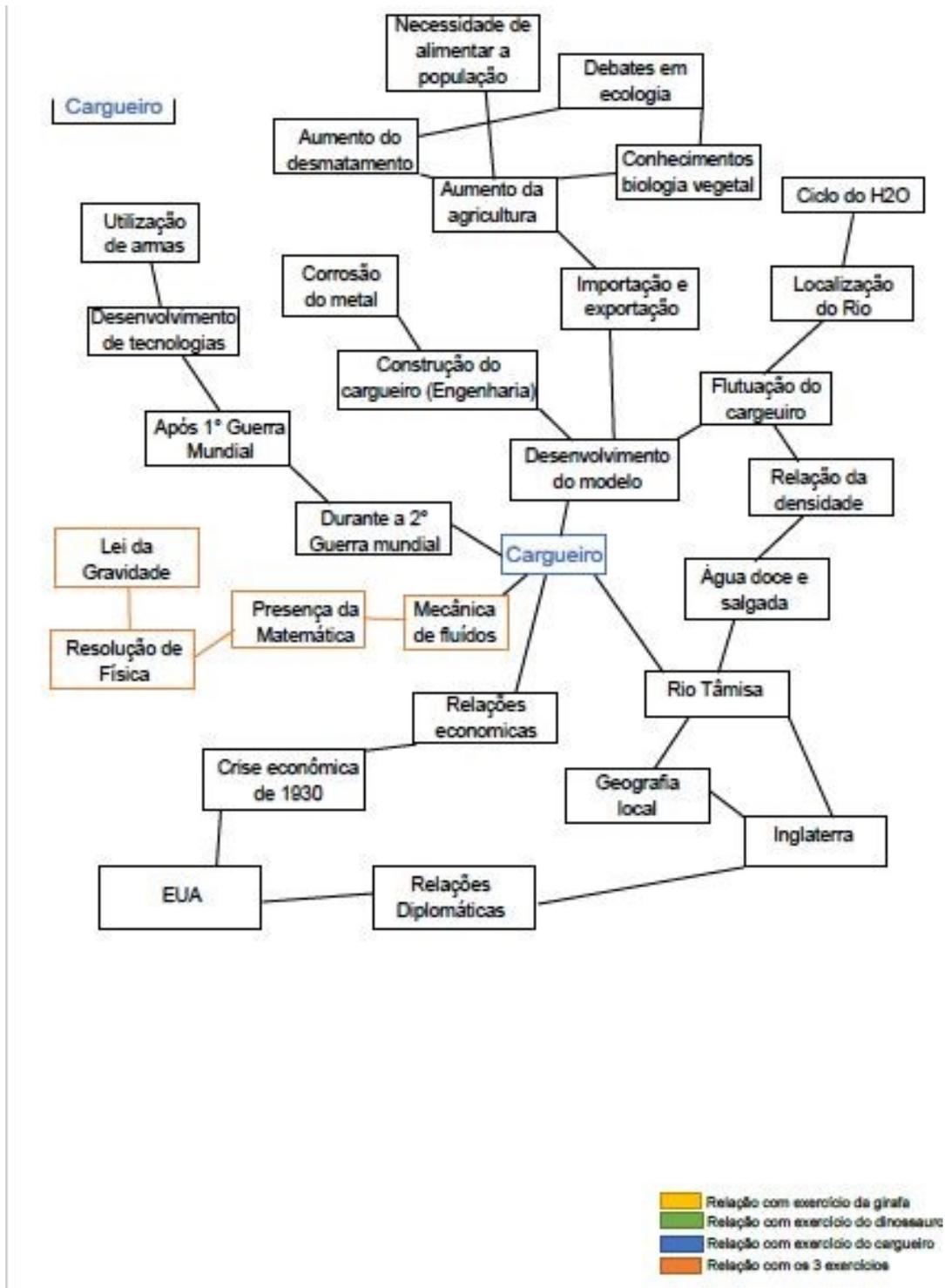
A equipe quatro, demonstrou domínio também através da pesquisa. Pesquisaram sobre a embolia pulmonar, devido à variação de pressão, também sobre a formação cartilaginosa dos peixes, que influencia na massa específica. Resolveram a mesma questão da equipe anterior sobre o argentinossauro, relacionando mecânica dos fluídos, do fluxo das artérias, e a vasão de água dos reatores de Chernobyl. Segue o relato da estudante A6:

No outro mapa, eu não conseguia enxergar, mas desta vez eu pesquisei muito, e quando eu vi a relação do fluxo das artérias, com a vasão das águas dos reatores de Chernobyl, eu pensei eu consegui, porque eu não conseguia ver isso antes. (ÁUDIO TRANSCRITO PELA PESQUISADORA DURANTE A AULA DE VIDEOCONFERÊNCIA, A6 – DIÁRIO DE CAMPO DO DIA 23/10/2020).

Verificamos que a estudante A6, conseguiu estabelecer estruturas cognitivas, que tornaram possíveis a visualização de relações complexas que não são visíveis se somente olharmos para o problema.

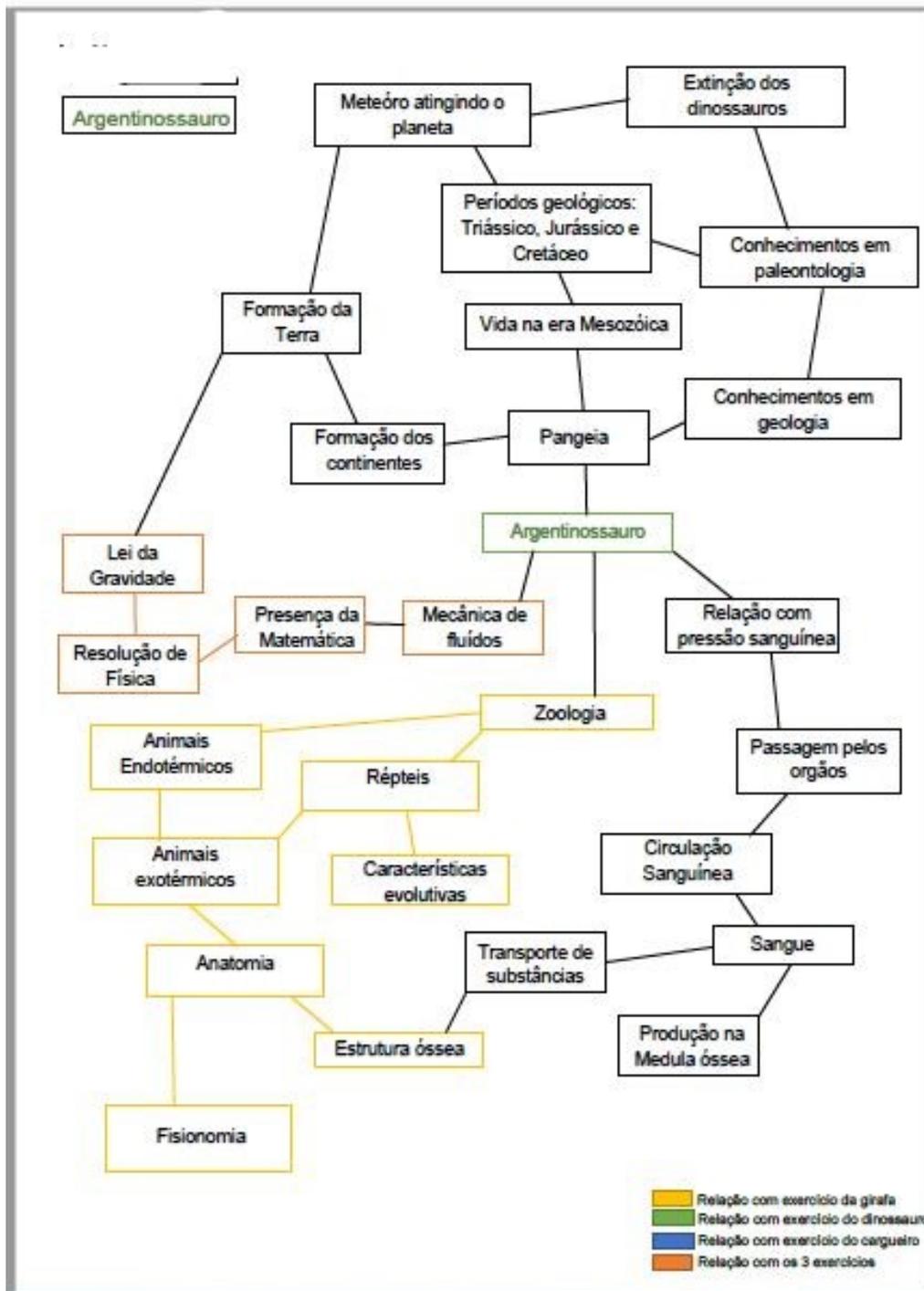
Após estas discussões, os estudantes foram incumbidos de enviar os novos mapas na próxima aula, sem a necessidade de um encontro virtual, a penas para fins de comparação, se durante a discussão houvessem surgido outros conceitos antes não percebidos. O envio foi realizado no dia 30/10. Este trabalho era individual, de modo que apenas cinco estudantes acabaram enviando novos mapas. Alguns fizeram mapas de apenas um exercício, e outros estabeleceram as relações complexas dos três exercícios já apresentados.

Figura 45 - Mapa conceitual reformulado A5 (a)



Fonte: A autora

Figura 46 - Mapa conceitual reformulado A5 (b)



Fonte: A autora

apareciam. A discussão proposta em aula, a pesquisa dos colegas, e as pesquisas individuais contribuíram para a evolução neste processo.

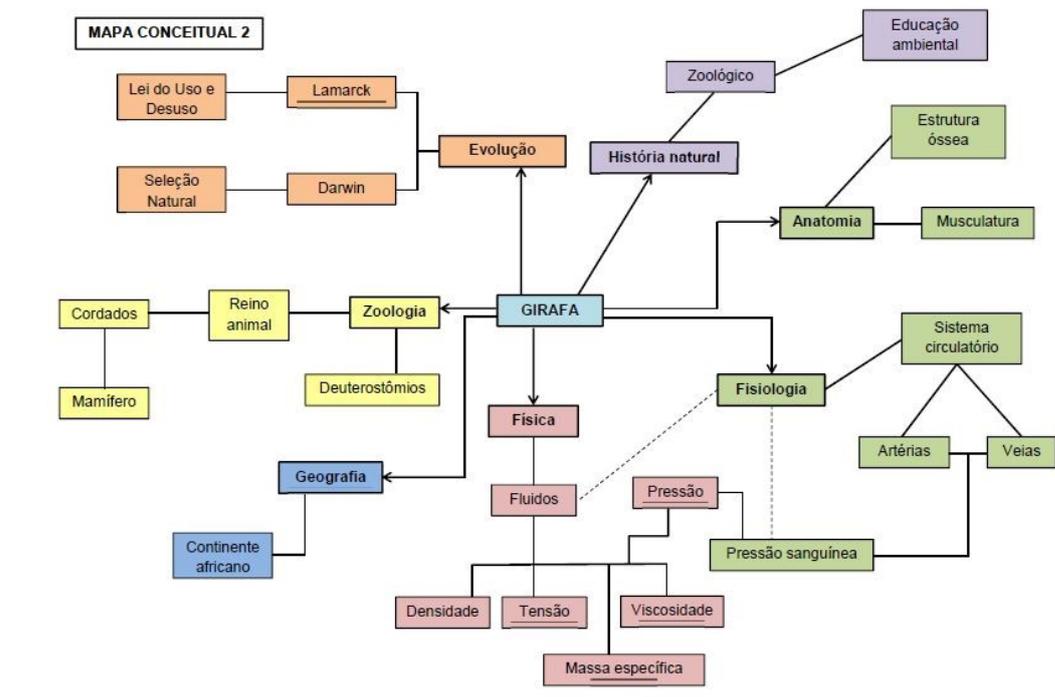
Figura 48 - Mapa conceitual reformulado A6



Fonte: A autora

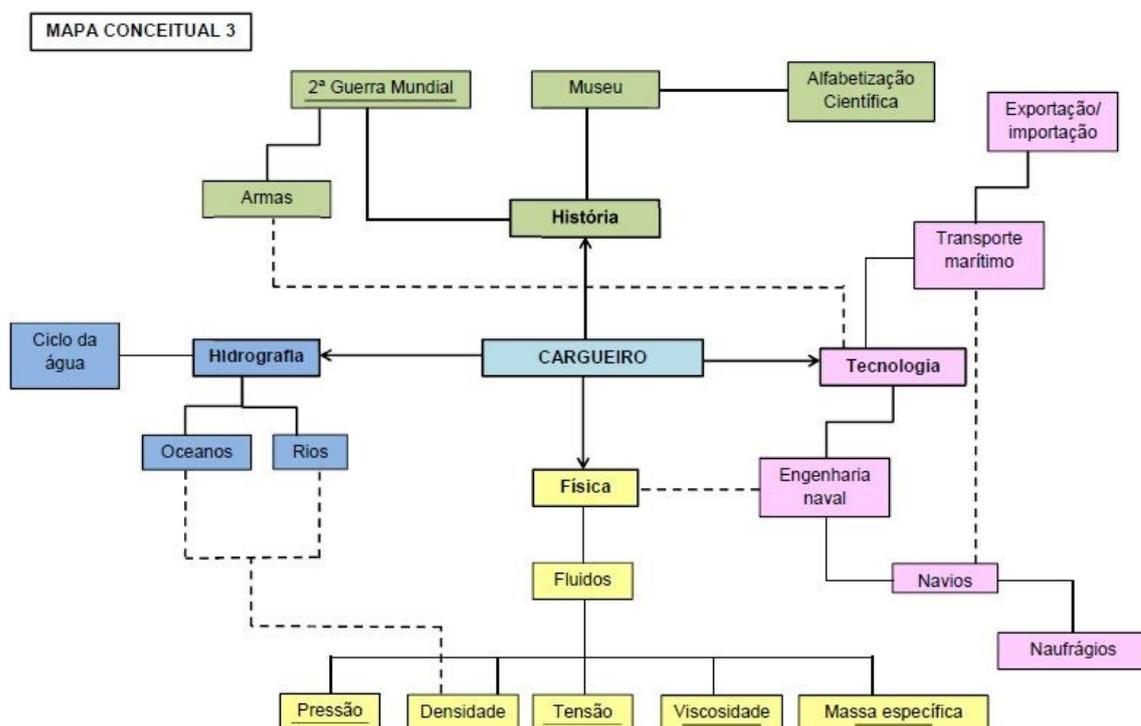
Neste mapa, vemos algumas relações aprofundadas, que anteriormente não apareciam na equipe um, e que depois do debate dos conceitos vieram à tona.

Figura 51 - Mapa conceitual reformulado A8 (b)



Fonte: A autora

Figura 52 - Mapa conceitual reformulado A8 (c)



Fonte: A autora

Percebemos nestes mapas, que são estudantes da equipe dois, por se tratar do problema quatro, oito e nove, e que comparado com as relações anteriores, houve um desenvolvimento maior dos conceitos, apareceu no mapa a relação de alfabetização científica e tecnológica, ao se relacionar os naufrágios da Segunda Guerra Mundial, com museus e armamentos, a questão da educação ambiental e estas questões são novas, não foram discutidas durante a aula, mostrando o interesse do estudante em se aprofundar no assunto.

um. As discussões sobre o tema abriram caminho para que todas essas habilidades que antes não existiam, fossem desenvolvidas e utilizadas.

Em seguida, segue-se a codificação aberta dos últimos mapas, e finalmente a codificação axial.

Quadro 47- Novos indicadores da codificação aberta após a discussão dos problemas complexos

A que categoria esse indicador se refere?			
A5:			
A6:			
A7:			
A8:			
A10:			

Fonte: A autora

Para escolha das categorias presentes na tabela acima, analisamos os mapas, e através deles estabelecemos relações com as categorias da codificação aberta.

O mapa referente aos alunos A5; A6; A7; A10 indicam a categoria de complexidade, pois estabeleceram relações complexas dos problemas, e resolução de problemas, uma vez que estavam desenvolvendo caminho para a resolução dos problemas do *Halliday*. O estudante A8, além destas categorias, apresentou a de formação de professores, por citar em seus mapas a alfabetização científica e tecnológica, que está presente no processo de formação destes.

4.1.20 Codificação axial para a resolução de problemas

Para este processo, utilizam-se os meios descritos anteriormente. Partindo do livro texto do Halliday, orientando-se ano problema desta pesquisa. Para agrupar as categorias foram utilizados os fragmentos das discussões sobre as resoluções dos problemas e os mapas e redes.

Quadro 48 - Codificação axial para os problemas complexos

Codificação aberta	Códigos/Categorias	Codificação axial/subcategorias
A1: Nós não achamos um exercício difícil sabe, demoramos de prestar atenção na densidade da água, e relacionar com o naufrágio. Mas acho que não pensaríamos nas outras coisas	Início da visualização de relações complexas;	 Pesquisa;  Estratégias de resolução;

<p>se não estivéssemos estudando complexidade. A gente descreveria a diferença de densidade e pronto</p>	<p>Visão linear, se não houvesse a influência da complexidade neste estudo.</p>	
<p>A2: É diferente resolver assim, porque você organiza as coisas, vê que não são só os números, tem coisas por trás. Quando que iríamos pesquisar as relações políticas da época? Ou procurar sobre o Tâmisia?</p>	<p>Organização das etapas da resolução de problemas; Importância da pesquisa, para descoberta de relações complexas históricas.</p>	
<p>A3: Minha equipe achou difícil, a gente tinha interpretado o exercício como se fosse de elasticidade somente, conseguimos pensar nas relações complexas, pobreza da África, nos desenhos de ossos, mas tivemos que abrir o Halliday e procurar caminhos, até entender que eram um exercício dois em um, de elasticidade e de fluídos, por ter que usar o módulo de Young pra resolver</p>	<p>Difícil interpretação matemática do problema; Visualização de relações complexas; Estratégias de resolução;</p>	
<p>A4: Pesquisamos em artigos vimos que durante o período da Segunda Guerra Mundial houve um grande desenvolvimento armamentista e de novas tecnologias para que fosse possível suprir as necessidades do momento histórico em questão.[...]</p> <p>Inicialmente foram escolhidos 3 problemas de Física sobre Mecânica de Fluidos. Para compreender o problema 4, que são as questões, é preciso primeiramente conhecer os conceitos de Gravidade, física e Matemática por trás deles. Contudo, esses problemas vão além de resoluções de exercícios de mecânica de fluídos, o que nos leva a outros problemas para chegar na compreensão dos exercícios</p>	<p>Pesquisa como ferramenta para o estabelecimento de relações complexas; Descrição de áreas de conhecimento diferentes, para explicação de um fenômeno.</p>	
<p>A5: Estudamos a biosfera primeiramente. A biosfera é definida como a maior organização ecológica, visto que engloba todos os ecossistemas presentes na Terra. [...]</p> <p>[...]Depois pesquisamos a girafa, e vimos que é um mamífero do grupo dos Deuterostômios, onde</p>	<p>Pesquisa como instrumento para análise das relações complexas.</p>	

a primeira abertura a se formar a partir do blastóporo é o ânus [...]		
A6: No outro mapa, eu não conseguia enxergar, mas desta vez eu pesquisei muito, e quando eu vi a relação do fluxo das artérias, com a vasão das águas dos reatores de Chernobyl, eu pensei eu consegui, porque eu não conseguia ver isso antes.	<p>Importância da pesquisa neste processo de visualização da complexidade;</p> <p>Sentimento de realização, ao conseguir ver esse processo.</p>	

Fonte: A autora

Quadro 49 - Categorias emergentes da codificação axial para os problemas complexos

Categorias emergentes	
	Pesquisa;
	Estratégias de resolução;

Fonte: A autora

Durante este processo de análise emergiram duas categorias dentro da codificação axial, a de pesquisa e a de estratégias de resolução. Uma vez que durante a análise dos códigos, foram os fragmentos que mais se destacaram. Percebemos o quão importante o ato de pesquisar foi importante para os estudantes, pois foi através deste que conheceram as relações de complexidade. E o ato de traçar estratégias de resolução auxiliou no processo de conceptualização e resolução analítica dos problemas.

No tópico seguinte, analisamos os dados deste processo na codificação seletiva, última etapa da metodologia descrita pela *Grounded Theory*, para então chegarmos ao cerne do processo na teoria fundamentada em dados, último capítulo desta dissertação.

4.2 CODIFICAÇÃO SELETIVA

A codificação seletiva também conhecida como paradigma de análise, é a última etapa do processo, e o seu objetivo é refinar categorias em um nível mais abstrato.

O passo principal é elaborar uma categoria essencial, e em torno dela reagrupar as categorias encontradas, de modo que possamos saturá-las. “O fenômeno central é o coração do processo de integração”. (STRAUSS; CORBIN, 1990, p.124).

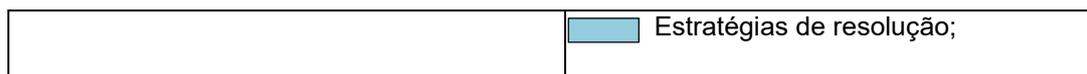
Nesta etapa para que os dados sejam analisados, consideram-se seis elementos que dentro da *Grounded Theory* são de fundamental importância para a saturação das categorias, oriundas das outras fases de análises já descritas. O relacionamento das diversas categorias que surgiram nas etapas anteriores à categoria central é feita através dos seguintes passos:

- **As condições causais** (Quais acontecimentos levam ao fenômeno de estudo);
 - **O fenômeno** (Descrito pelo problema de pesquisa);
 - **O contexto** (Quem são os envolvidos na pesquisa)
 - **As condições** (Relativas ao objetivo geral da pesquisa)
 - **As estratégias** (Relativas aos objetivos específicos, e por esse motivo os objetivos específicos não são delineados antes da aplicação da pesquisa, eles surgem no decorrer da análise dos dados);
- **As consequências** (Resultados da ação).

O objetivo é identificar que categorias são definidoras de cada termo, ou seja, que categorias definem o contexto, as estratégias e assim sucessivamente. Em seguida apresentamos uma tabela com as respectivas categorias que surgiram durante os processos de codificação aberta e axial, para então darmos seguimento na codificação seletiva.

Quadro 50 - Categorias emergentes durante os processos de codificação

Codificação aberta	Codificação axial
 Complexidade;	 Questão social;
 Resolução de Problemas;	 Pesquisa;
 Formação de professores;	 Curiosidade;
	 Complexidade;
	 Conceitos múltiplos;
	 Investigação;
	 Exemplos concretos;
	 Conhecimento teórico;
	 Formação de professores;
	 Conhecimento empírico;
	 Valorização histórica;



Fonte: A autora

Os seis aspectos imprescindíveis para análise das categorias já existentes são:

- **As condições causais** (Resolução de problemas complexos);
- **O fenômeno** (Relações de aprendizagem construídas por estudantes de Biologia ao resolverem problemas complexos do *Halliday*);
- **O contexto** (estudantes de graduação em Biologia)
- **As condições** (Como as relações complexas serão construídas dentro do curso de graduação em Biologia)
- **As estratégias** (Utilização da *Grounded Theory* para novas abordagens da complexidade na resolução de problemas);
- **As consequências** (Nova abordagem para resolução de problemas complexos).

Agruparemos as categorias de acordo com estes aspectos, para depois saturá-las, identificando assim as categorias subsidiárias em relação às paradigmáticas, ou centrais como já mencionadas. Desta forma, teremos:

- **Condições:**   
- **Fenômeno:**    
- **Contexto:** Estudantes de graduação em Biologia;
- **Condições:**    
- **Estratégias:**   
- **Consequências:**  

Após está disposição das categorias, olhamos que se realmente fosse uma história sendo construída, passo a passo, de modo que as condições levam ao fenômeno, o qual é estudado em um contexto, que desencadeia algumas ações/ condições, que descrevem as estratégias e resultam nas consequências. Quando analisamos essa “história” construindo a narrativa do fenômeno central de estudo, utilizamos o que Strauss e Corbin (1990) chamam de método de comparação constante.

Nesta investigação aplicamos problemas complexos, os quais necessitavam de estratégias de resolução, possuíam múltiplos conceitos,

necessitavam que o estudante possuísse o conhecimento teórico, mas também abria caminhos para considerar o conhecimento empírico, através de exemplos concretos.

Para que fosse possível chegar à resolução do problema, os estudantes tiveram que pesquisar investigar, trazer o contexto histórico para poder estabelecer estas relações complexas, e durante o processo a todo o momento era perceptível a influência da disciplina de CTS e projeto interdisciplinar, para a visualização do todo.

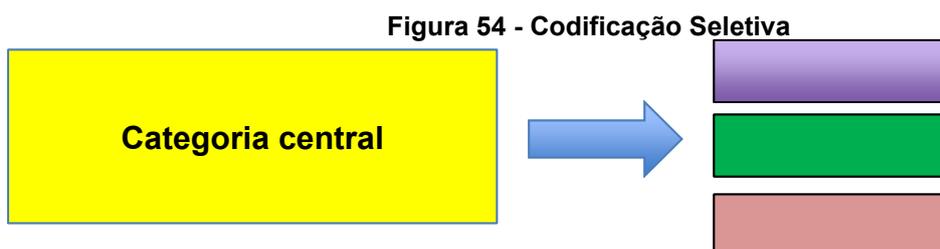
Como estratégias neste processo surgiram à curiosidade, a relevância dos problemas sociais, ou seja, de que modo aquele problema influencia a sociedade. E por fim, voltamos nas consequências de todo o processo, chegando à formação de professores por ser um indicador importante dentro da resolução de problemas.

Sendo este momento, um ato de comparação constante, direcionamos as categorias de modo a responder o nosso problema de pesquisa: “Quais relações de aprendizagens podem ser construídas com estudantes de Biologia partindo da discussão de problemas complexos de fluídos do *Halliday*”? E o alinhamento com os seis aspectos já descritos e então, selecionamos três categorias subjacentes para fundamentar a próxima etapa da dissertação e uma central, descritas na ordem:



As categorias subjacentes são importantes por identificarem os caminhos que foram percorridos pelos alunos, durante as fases descritas na metodologia, para o desenvolvimento de habilidades e compreensão dos problemas complexas.

Deste modo segue uma figura das novas categorias que serão utilizadas para discussão no próximo capítulo.



Fonte: A autora

Logo após a codificação seletiva, que é a última etapa da codificação de dados dentro da metodologia da *Grounded Theory*, chegamos na fase final, que é gerar uma teoria fundamentada em dados, teoria que é gerada e construída a partir da categorização e análise rigorosa dos dados.

5 UMA NOVA ABORDAGEM PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS

Como já mencionado no capítulo três e quatro desta dissertação, a *Grounded Theory* se diferencia de outras metodologias qualitativas pela combinação de técnicas qualitativas e quantitativas, e por possibilitar através dos seus procedimentos metodológicos a construção, e não a verificação de uma teoria. Permitindo-se assim, rigor e precisão nos dados, e criatividade necessária para a construção da teoria.

Feitas as reflexões até o momento, este capítulo busca apontar coerências entre relações complexas, através da resolução de problemas complexos desenvolvidos pelos estudantes de Biologia, durante o processo de aplicação das aulas descritas. Para isto, são apresentadas algumas inferências a partir da análise da complexidade e resolução de problemas bem-estruturados. Busca-se apresentar elementos articuladores da resolução de problemas dentro do processo de vivência de futuros professores, no sentido de contribuir diretamente e desenvolver uma nova abordagem que influencie o processo de aprendizagem destes e de seus futuros estudantes.

Os elementos articuladores descritos neste processo referem-se aos pressupostos teóricos e metodológicos dentro do contexto da complexidade, que foram utilizados de modo a desenvolver as capacidades e habilidades dos estudantes sobre o tema estudado, a fim de desenvolver uma contribuição coesa sobre a abordagem de resolução de problemas complexos.

O trabalho desenvolvido através da metodologia da *Grounded Theory* possibilitou a descrição de diversas categorias, e estas são fundamentais, pois, corroboram diretamente nesta última etapa de construção da teoria, através dos dados codificados. Na sequência discute-se a relação das três categorias emergentes na codificação seletiva, que são: a pesquisa, a formação de professores e a valorização histórica, bem como, a contribuição para a resolução do problema proposto pela pesquisadora.

Ressaltamos que neste momento, não nos apoiaremos em nenhuma vertente teórica, pois é a nossa contribuição para a resolução de problemas complexos que será apresentada.

5.1 OS MOMENTOS DE INTERAÇÃO NA FORMULAÇÃO DAS RELAÇÕES COMPLEXAS

Para se estabelecer relações complexas e determinar relações de aprendizagem construídas pelos estudantes de Biologia, tem-se a necessidade de superar o processo de validação de dados tradicional, olhando para a construção dos dados que podem contribuir neste processo. Durante a aplicação da metodologia, muitas categorias de análise surgiram, uma vez que existia um volume muito grande de dados.

De início o ato educacional, resumia-se a professora/pesquisadora e nos estudantes, mas não havia nenhuma relação mais profunda, na primeira aula não houve interação, tivemos poucas discussões, reduzindo o processo construção das relações complexas. Acreditamos que esse fato advém da própria formação dos estudantes, que como relatado em sua maioria, salvo exceção de algumas disciplinas, têm o processo de formação pautada na educação bancária, construindo desta maneira uma visão linear da Ciência e dos processos que destas fazem parte.

Os encontros realizados semanalmente permitiram que os estudantes fossem desenvolvendo habilidades, estas descritas no capítulo de resolução de problemas, construindo desta forma um processo de interação destes com os colegas, e com a pesquisadora, promovendo a compreensão de peças chaves para o entendimento da complexidade e sua importância nos problemas complexos.

Durante este processo, foi notável a mudança dos estudantes perante situações de cunho complexo, na primeira aula, durante o preenchimento do questionário pouco eles sabiam sobre o tema, pouco se arriscavam em descrever se já tinham resolvido problemas complexos, ou o que eram estes problemas, porque ainda não havia uma cognição direta com o termo. No desenvolver das aulas, a construção dessas relações passou a ser natural para os estudantes, contribuindo para o aprimoramento que ocorreu até a aula de resolução de problemas complexos, onde se torna evidente que foram extraídas as mais diversas relações complexas, sejam históricas, físicas ou biológicas.

Contudo, para que os estudantes se tornassem hábeis neste processo, se faz necessário uma (re) construção, no sentido trazido por Blumer (1969), no que chamamos de conversão identitária. O estudante se transforma, dá

significado aos objetos, e incorpora um novo conjunto de ideias e valores, sobre o papel que agora pode ser desenvolvido, passando assim a interagir com seu meio grupal, no processo de construção do conhecimento.

Ainda em relação à construção de relações complexas, esta restringiu-se em um primeiro momento na construção destas relações individualmente, para depois ser estabelecido à discussão mútua. Tal momento se desenvolveu através da exposição individual de cada estudante sobre as relações complexas observadas, desde a primeira aula, para uma posterior discussão em grupo, colocando os estudantes no centro do processo de ensino, este momento proporcionou concordância, discordância e confronto em torno do objeto de estudo.

A partir, desta descrição vê-se necessário um tempo maior de discussão, para que estudantes esquematizem os conhecimentos que estão surgindo, tendo consciência que o mesmo é construído etapa por etapa, e não só no final do processo. Durante a discussão do artigo "*Toward a Design Theory of Solving Problems*", os estudantes reconheceram que de fato tinham tido pouco contato com problemas complexos, entendendo assim o equívoco ao interpretar problemas bem estruturados, como os complexos, tendo em vista que acreditavam que os problemas mal estruturados fossem os problemas lineares.

Bem como, se ressalta a importância de estratégias para que os estudantes vivenciem aquela ação e incorporem os conceitos de complexidade, que os acompanharam durante todo o processo de construção de dados. Estas estratégias enfatizam a importância de a professora/pesquisadora não ser o centro do processo de aprendizagem, mas mediar às discussões e interações.

5.1.1 Articulações dos problemas complexos através da aplicação do Filme Óleo de Lorenzo

O filme foi utilizado, por ser uma ferramenta animada, é um recurso rico que permite a interação aluno e conceito, e conceito e professor. A partir desta ferramenta, possibilita-se a leitura de imagens, facilitando uma compreensão crítica de mundo. O tema abordado foi escolhido propositalmente, por se tratar em um primeiro momento de um problema complexo, a Adrenoleucodistrofia (ALD), que acomete o sistema nervoso e as glândulas suprarrenais. Em um segundo momento, por se tratar de conceitos que são estudados dentro do curso

de graduação em Biologia, eles estudam sistema nervoso central, a anatomia do corpo humano, a genética, entre outros conceitos biológicos que se apresentam no decorrer do filme.

Pensamos em unir a complexidade, em situações já presentes na vida dos estudantes, a fim de estimulá-los na construção de conceitos complexos, fora do óbvio, que saísse da zona de conforto conhecida por eles. O principal motivo desta aula piloto foi de iniciar este processo cognitivo, de auxiliar na compreensão do tema e familiarizá-los com todas as etapas que estavam por vir.

O que enxergamos de início foram estudantes que nunca tinham tido contato com a complexidade no processo de ensino, que haviam tido a disciplina de CTS, de Projetos Interdisciplinares, porém não conheciam o termo, não conheciam os autores, e nem sabiam a distinção de problemas bem e mal estruturados, existia então esta necessidade, de inserir o termo, e ensinar o caminho que devia ser trilhado, todas as etapas que deviam ser levadas em consideração.

As discussões anteriores a esta aula, quando foi discutido o conceito de fragmentação do conhecimento, complexidade e sistema newtoniano-cartesiano limitaram a “eu não sei”, “eu nunca vi”, “eu nunca vivenciei”, ou até mesmo eu não “entendi o conceito”, dúvidas que a todo o momento surgiam.

Nesta etapa, descrevemos então o porquê da importância da utilização deste filme como norteador para abertura da discussão em torno da resolução de problemas complexos.

Logo em um primeiro momento, tivemos a possibilidade de responder um dos questionamentos presentes na MDP, disposta na metodologia, sendo: Quais os indícios da formação acadêmica de professores de biologia, e resolução de problemas abertos?

Ao analisarmos os mapas, referentes ao filme, vemos que uma grande parcela dos estudantes, ao estabelecer relações complexas, para o problema em questão, que era relatado no filme, apenas definiu relações complexas dentro da Biologia, e a minoria dispôs dessa ação cognitiva, nos dando a ideia que o tema está longe de suas realidades dentro da Universidade.

Percebemos também, a importância de se trabalhar com exemplos concretos, como já citados pela estudante A12, ao dizer que se lembrou das

moléculas de porfirina, exemplo trabalhado na primeira aula, para validação da complexidade, e que se usou deste exemplo para abertura das caixas e estabelecimento dos conceitos.

Vários fragmentos já foram discutidos, durante o processo de análise de dados, mas ressalta-se aqui, a importância da utilização do filme como situação real, ou seja, é um problema real e complexo, que está inserido na sociedade, e por este motivo, para aqueles que não têm familiaridade com o tema se torna difícil o estabelecimento destas relações. Enxergamos somente aquilo que conhecemos, e está dentro da nossa zona de cognição.

Instigá-los durante as discussões foi benéfico e se mostrou eficiente, como é possível perceber no desenvolver das etapas que foram aplicadas durante a análise dos dados, foi neste momento reflexivo, que surgiram as primeiras sistematizações contundentes para a pesquisa. Pois após estas discussões, das relações complexas, conceitos complexos, fragmentação da ciência, a complexidade do ser humano, da ética e bioética, esclareceu-se as dúvidas que muitos tinham, e de fato estes começaram a entender o processo.

Acredita-se que nesse momento, os conceitos começaram a se agrupar para os estudantes, e estes enxergaram as relações complexas sendo extraídas e relacionadas entre si, buscando explicar o que dificultava a resolução daquele problema em questão. Contudo, aponta-se que para que haja esta construção e compreensão da realidade, seria necessário um processo mais extenso, para que estas relações fossem se desenvolvendo cada vez mais com naturalidade e estes pudessem fazer parte deste processo.

Durante essa etapa, é possível a resolução de mais um questionamento da MPD: De que maneira os estudantes de biologia terão uma visão mais ampla dos conceitos, relacionados à física, através do desenvolvimento da complexidade, em problemas que fazem parte da biologia vivenciada por eles?

Não tratamos neste exato momento de um problema complexo de física, mas de um problema complexo, que envolve diversas situações que são temas geradores de diversas disciplinas, e este momento propiciou aos estudantes uma visão mais crítica de mundo, em relação à complexidade e conceitos biológicos, que fazem parte da sua realidade de vida.

5.1.2 Articulações dos problemas complexos através da aplicação dos mapas conceituais

Os mapas mentais, conceituais, redes e fluxogramas foram utilizados como meio de organização dos dados, pois havíamos coletado um volume muito grande, e precisávamos delimitar os conceitos. Uma vez que buscávamos que os estudantes hierarquizassem os conceitos, buscando assim que novos conhecimentos fossem fixados, oriundos de um saber pré-existente, que fosse de conhecimento do estudante, de modo que fosse possível a construção do conhecimento, no que concerne a resolução de problemas complexos.

Escolhemos trabalhar com mapas e redes, pois estas ferramentas exigem que o estudante explicita o conceito central, que em nosso caso era sempre um problema complexo, e estabeleça relações entre eles, e como nos pautamos na metodologia da *Grounded Theory*, que permite o pesquisador, interagir e tentar decifrar sentimentos e ações dos envolvidos nos auxiliasse a entender como os conceitos estavam sendo construídos, e como os estudantes estavam vendo e se sentindo neste processo.

Como já mencionado, os estudantes em sua maioria possuem uma aprendizagem mecânica, e ao se depararem com a construção de mapas precisam fazer conexões, estruturando as relações complexas, e desenvolvendo inconscientemente habilidades, para estabelecer estas relações e resolver problemas.

Diante disso, podemos definir o quão importante foi a utilização desta ferramenta para obtenção dos dados codificados no capítulo anterior. Através dos mapas, redes e fluxogramas, acompanhamos o desenvolvimento dos estudantes, desde a etapa inicial, que foram as respostas do questionário, depois o filme propriamente dito, onde pudemos observar em um primeiro momento, como os estudantes se portavam diante um problema complexo, e como foi à extração dessas relações. Em seguida, depois desse acompanhamento inicial, verificamos que ao serem instigados novamente, com problemas reais, que partiam de seu contexto, obtivemos uma melhor abstração dos temas.

O primeiro tema abordado foi a covid-19, escolhido exatamente, por estar nas mídias e meios de comunicação a todo o momento, por ser talvez o maior problema que surgiu neste ano, possuindo infinitas relações de complexidade, e por fazer parte dos conceitos de virologia que são por eles

estudados. Ao analisar estes mapas, em comparação com os primeiros, referentes à Adrenoleucodistrofia (ALD) percebemos que os conceitos por ele delimitados estavam evoluindo, acreditamos que por estarem em contato direto com o problema, pelas discussões geradas na aula anterior, houve uma ação cognitiva mais contundente.

O que se torna aparente, em diversos mapas, que discutiram os problemas de saúde, a falta de emprego, as *Fake News*, a influência política, o aumento dos suicídios e dos problemas mentais, observamos aqui, que ao contrário das poucas relações observadas na aula anterior, o volume aparente de relações aumentou, mesmo que os estudantes ainda apresentassem dificuldades, nota-se a estruturação do conhecimento.

Isto é evidenciado no fragmento coletado do estudante A2, que coloca que foi mais fácil estabelecer estas relações, porque a todo o momento ele via algo a respeito, e ele enxergou além das relações biológicas, e de vários outros fragmentos, ao observamos a pesquisa profunda que foi feita sobre o tema, pois durante as discussões, abarcamos temas desde o perigo do uso de medicamentos sem comprovação científica, até a falta de saneamento básico, que impacta a classe social mais baixa da sociedade, e estas discussões relatadas por eles, só foi possível através da inserção da complexidade. Neste momento notamos que se inicia o processo de compreensão do tema, eles começam a enxergar o todo, e este não está mais separado das partes.

Outro tema abordado de forma intencional foi a pressão sanguínea, tema este que é abordado na Biologia, em disciplinas específicas e em Física, no decorrer da abordagem de fluídos. O interessante ao se discutir o tema, foi que os estudantes nunca haviam estudado o processo histórico do conceito, seja na disciplina de Física, ou nas específicas.

Os estudantes aprenderam o conceito, os tipos de pressão, os instrumentos utilizados, a dieta, os fatores que contribuem para o agravamento da doença, a resolver questões matemáticas, mas em nenhum momento antes, houve essa discussão, o conteúdo foi apresentado como pronto e acabado, como se não houvesse história no decorrer do seu desenvolvimento, e este fator influencia diretamente no processo de construção de relações complexas.

Esta aula foi uma das que mais teve tempo de duração, no sentido de que houve uma maior interação, pois eles estavam animados por ter descoberto

tantas coisas que antes não conheciam. Como citado no capítulo anterior, temos diversas relações complexas que foram descritas, a ética, a arte, a alfabetização científica e o processo de construção do conceito dentro da Ciência, para então se discutir os processos biológicos, os remédios. Entendemos aqui, que por mais que tenha existido dificuldade, pois os estudantes tiveram que fazer muita pesquisa para atingir estas estruturas cognitivas, estas relações já não eram mais desconhecidas, os mesmos já se encontravam em um processo crescente de familiarização.

O trabalho desenvolvido até aqui, incorpora todo um processo de autorreflexão e construção do conhecimento, colocando os estudantes diante de diversas situações desafiadoras, mostrando que por mais que o processo de aprendizagem seja mecânico, existe a possibilidade de colocar a complexidade como meio de libertação desse processo. O que nos coloca diante de mais um questionamento presente na MDP: Qual a contribuição na aprendizagem dos estudantes de biologia vista a aprendizagem sobre a óptica da complexidade? Os estudantes conseguiram sair da caixinha, de não ver o conceito isolado, conseguiram estabelecer relações que anteriormente não conseguiam enxergar, visualizaram que por trás de um conceito existem muitas relações, e que todas estas conversam na construção do conhecimento científico.

Podemos concluir que os estudantes são capazes de delimitar ações que irão influenciar nas suas futuras práticas pedagógicas, e que existe uma relação extrema de como um conceito pode ser abordado e a forma como o estudante irá se lembrar do mesmo. O fato, de os estudantes construírem conhecimento, ao desenvolver as relações complexas, baseados em problemas reais, situações do seu dia a dia, possibilitou o fornecimento de ideias, estruturação de conceitos e uma re (construção) de saberes. De modo que podemos nesta óptica responder outra questão da MDP: O espaço escolhido, onde se ministram as aulas da disciplina de Projetos Interdisciplinares V possuem caráter potencializador para uma abordagem de resolução de problemas complexos, de física voltada à biologia?

Nesse sentido, a disciplina foi um meio frutífero para o estudo e desenvolvimento de problemas complexos. Até este momento, as aulas ministradas foram todas piloto, com o objetivo de desenvolver nos estudantes habilidades e familiaridade com o tema, para a aplicação dos problemas

complexos que são discutidos no próximo tópico. A disciplina por fazer uma abordagem centrada na alfabetização científica e tecnológica, possibilitou o caminho de discussões, possibilitando ao estudante e a própria pesquisadora, uma visão mais crítica de mundo.

Nisto ressaltamos a importância dos mapas e afins, para esta pesquisa, sendo um meio de construir o conhecimento e preparar os estudantes para a resolução de problemas complexos de fluidos do *Halliday* volume II.

5.1.3 Relações de complexidade dos Problemas Complexos

As aulas pilotos, já descritas anteriormente, serviram de apoio, para que os estudantes estivessem preparados e familiarizados com o tema. Esta etapa da aula foi de fundamental importância para a pesquisa, possibilitando um panorama geral, de como os estudantes, após passarem por várias etapas, dentro do processo de complexidade, pudessem resolver problemas e destes descrever as relações complexas.

No capítulo de resolução de problemas tivemos o privilégio de discutir as habilidades para a resolução de problemas complexos, ditos mal estruturados, que os mesmos envolvem a capacidade de se criar soluções que vão além do método tradicional, descritos pelos problemas bem estruturados, onde meramente lemos e aplicamos a equação matemática.

Nesta aula, observamos todos os passos que foram se desenvolvendo durante o processo, aplicados de fato, e pudemos observar como foi a evolução dos estudantes. No início do processo, eles não tinham nenhum norte, de complexidade, e muito menos de problemas complexos, de retirar relações complexas e enxergar o problema como um todo, mas é possível notar que esta situação foi mudando etapa por etapa, e que foi bem aplicada ao se depararem com problemas de Física complexos.

Ao escolhermos os problemas, buscamos nos colocar no lugar dos estudantes, seja no conteúdo que tem ligação direta com a Biologia, seja no sentido de pensar como o estudante resolveria o problema, que estratégias ele desenvolveria, qual facilidade teria para chegar a uma resolução satisfatória, ou nas dificuldades que surgiriam.

Observamos que a maioria dos estudantes continuou evoluindo dentro do processo cognitivo, ao estabelecer diversas relações de complexidade. Como

mencionado durante as resoluções, todas as equipes conseguiram desenvolver o problema e chegaram a uma solução. Algumas equipes erraram unidades, e análise dimensional, mas matematicamente desenvolveram o problema.

A parte mais complicada segundo os estudantes foi o estabelecimento as relações complexas, pois era a primeira vez que estavam tendo esse desafio, e ainda tinham dúvidas de como proceder, porém, o resultado final foi satisfatório.

Em contrapartida, alguns estudantes, mesmo após passarem por todas essas etapas, participarem das discussões, ainda diziam que sentiam dificuldade de enxergar relações complexas. Acreditamos que este fato advém por não estarmos todos os dias em contato com estes problemas, e por não termos que resolvê-los constantemente, mesmo que inconscientemente resolvamos problemas complexos todos os dias. Com o passar do tempo, e com um tempo maior de abordagem, estas estruturações passarão a serem automáticas, facilitando e auxiliando uma melhor compreensão. Outro fato que cabe ressaltar são as facilidades que cada estudante possui, alguns possuem uma inclinação maior para a área de exatas, outros para as áreas humanas e sociais, e estas relações influenciam no tempo de cognição que teremos diante a solução de problemas.

Desta maneira, chegamos a mais um questionamento da MDP: De que forma os professores de Física, podem contribuir no processo de aprendizagem, ao religar saberes perdidos em exercícios de Física, aplicados a Biologia? Os professores de Física contribuiriam diretamente no processo de religação dos saberes perdidos, ao estabelecerem com os estudantes situações anteriores reais e já vivenciadas por eles, trazendo dentro dos problemas situações que fazem parte do processo de formação destes, a fim de que os mesmos enxergassem e delimitassem essas relações, discutindo a importância destas durante a resolução, identificando que os conceitos não são prontos e acabados, e que um problema de Física pode envolver situações históricas, sociais, econômicas e etc.

O que nos leva a outro questionamento: As aulas de física, quando associadas a resolução de problemas complexos, podem transformar a visão linear de ensino perpetuada dentro das universidades? Observamos que sim, que mesmo estudantes que não tinham nenhuma concepção além do ensino

mecânico, foram se desenvolvendo, criando habilidades, compreendendo conceitos e enxergando como eles mesmos disseram “visualizando situações além”, que sem a complexidade passariam despercebidas. Isto reflete que suas visões lineares foram modificadas durante o processo de ensino.

Podemos desta forma, responder mais um questionamento presente na MDP: De que forma os estudantes de graduação em Biologia enxergam a Física sobre óptica da complexidade? Para esta questão separamos um fragmento de fala “eu não conseguia enxergar, mas desta vez eu pesquisei muito, e quando eu vi a relação do fluxo das artérias, com a vasão das águas dos reatores de Chernobyl, eu pensei eu consegui, porque eu não conseguia ver isso antes. ” (Estudante A6). Neste fragmento nota-se a empolgação do estudante, ao conseguir estabelecer relações complexas profundas, de um problema de pressão sanguínea, nos mostrando que a Física aliada à complexidade, pode ser uma ferramenta preciosa no ensino de Biologia, pois explora muitas situações, que só o agir matemático não consegue satisfazer. O pensamento complexo luta contra a fragmentação do conhecimento e desta forma aproxima os estudantes da realidade.

Logo, nos deparamos com: A complexidade proposta por Edgar Morin auxilia de que maneira a religação de saberes perdidos de Biologia em exercícios de Física? Este questionamento disposto em nossa matriz dialógica problematizadora, pode ser respondido pelo fragmento do estudante A2: “É diferente resolver assim, porque você organiza as coisas, vê que não são só os números, tem coisas por trás. Quando que iríamos pesquisar as relações políticas da época? Ou procurar sobre o Tâmis?”

O problema e o fragmento nos mostram que a complexidade, defendida por Morin, de onde nos pautamos para ter um embasamento teórico religa saberes, das mais diversas áreas, e estes saberes esquecidos são lembrados, ao nos deparamos com o problema do cargueiro, fisicamente poderíamos apenas responder por que ele afundou, e o problema teria uma solução, mas a complexidade nos faz ir além, ela nos faz pesquisar, nos faz compreender o porquê do navio estar naquela rota, o que eles faziam na época, como os povos viviam como era economia, e isto é uma ação fundamental, que nos mostra a construção do todo.

E neste momento temos a certeza que atingimos o objetivo geral da pesquisa, pois durante as etapas várias relações complexas foram surgindo, e a visão linear que os estudantes possuíam da Física foi modificada, nos mostrando a influência direta no processo de aprendizagem que será discutido no tópico seguinte.

5.1.4 Contribuições para a abordagem de Resolução de Problemas Complexos

A teoria de resolução de problemas proposta por Jonassen (1997) foi aplicada nos estudantes de Biologia, e podemos constatar que de fato a resolução de problemas complexos não é uma atividade uniforme, os problemas não são equivalentes nem na forma, nem no processo de resolução, como constatamos em todos os mapas, redes e fluxogramas, onde estabelecemos as relações de complexidade. A concepção teórica de complexidade possibilitou os estudantes construir relações complexas, abrindo porta para diferentes resoluções e tipos de problemas, fazendo com que cada estudante criasse, esquemas e habilidades para a resolução de problemas específicos.

Buscamos instigar o estudante a mapear os problemas, e usar um esquema predominante para resolvê-lo ou delimitar a sua complexidade, seja um problema complexo matemático, ou uma situação real, como abordamos na covid-19. Para que atingíssemos a última etapa, que são os problemas complexos do Halliday, proporcionamos experiências anteriores, para que os mesmos fossem capazes da criação de soluções.

Não podemos dizer que os estudantes se tornaram especialistas na resolução de problemas complexos, mas podemos afirmar que reconhecem diferentes estados problemáticos, e que são capazes de traçar estratégias de resolução, que desenvolveram a familiaridade e inúmeras habilidades já discutidas no capítulo de resolução de problemas.

Costumamos dizer que Jonassen (1997), nos fornece uma receita de bolo, ao nos ensinar passo a passo, de como os problemas devem ser aplicados, e o que podemos esperar dos estudantes, mas em nossa pesquisa observamos indicadores que contribuíram diretamente neste processo de construção do conhecimento, e que não são descritas pelo autor, fazendo que com possamos contribuir na teoria de resolução de problemas, e ajudar futuros professores e

professores que já lecionam na graduação e educação básica a abordarem esse tema em suas aulas.

Durante o processo de codificação de dados na codificação seletiva, saturamos as categorias ficando com três indicadores, que nos dão suporte para dissertar sobre essa contribuição: a pesquisa, a valorização histórica e a formação de professores, e gostaríamos de iniciar falando sobre a importância da formação de professores, para que os estudantes desenvolvessem a capacidade de resolução de problemas complexos.

Como constatamos, a Universidade carece desta formação, de toda a grade do curso de graduação em Biologia, poucos alunos se lembraram de disciplinas que abordassem esse tema, ou abordassem uma discussão dialógica dentro do contexto. Muitos alunos ouviram o termo complexidade pela primeira vez no primeiro dia de aula que foi ministrada pela pesquisadora, e poucos destes já conheciam Morin, principal teórico do tema.

O que queremos mostrar com isso, é que a abordagem de problemas complexos precisa de um alicerce, e que este alicerce deve vir de professores, e que precisamos buscar criar essa concepção em nossos estudantes, para que eles possam fazer da sua sala de aula um laboratório, vencendo a mecanização do ensino e as aulas enciclopédicas.

Falar de formação de professores, no âmbito das Ciências em geral, não se limitando a Física, pois podemos utilizar essa abordagem nas mais diversas áreas, requer compreender e entender estas conexões. Em suma, ao falar em formação de professores, é indissociável pensar em conhecimento científico, sem conhecimento teórico, mas devemos sempre recordar que as experiências são definitivamente relacionadas a uma visão de mundo, e que isto influencia na concepção de Ciência.

No decorrer da resolução de problemas, mais de uma vez temos relatos de que estudantes que tiveram contato com CTS e Alfabetização Científica e Tecnológica, presentes nesta disciplina de Projetos Interdisciplinares V, conseguiram estabelecer com mais facilidade, estratégias de resolução e visualizar as relações, enxergando o todo. Este indicador reflete a importância desta formação, para que tenhamos sucesso na abordagem da complexidade, nos mais variados problemas, descrevendo uma relação de aprendizagem, desenvolvida pelos próprios estudantes, a necessidade de disciplinas que

despertem essas concepções, surgiu nas próprias falas, no decorrer de todo o processo de descrição dos dados.

Outro indicador, que reflete uma relação de aprendizagem é a valorização histórica do problema. No livro texto do Halliday, encontramos problemas riquíssimos, como foi possível a observação no decorrer da metodologia. E discutindo com os estudantes, tivemos relatos que alguns problemas que foram aplicados em uma abordagem complexa, já haviam sido trabalhados em sala de aula, mas nunca apresentados dessa maneira.

A valorização histórica é importante na construção do conhecimento, pois denota que o conceito não foi gerado de um dia para a noite, que existem situações adversas, relações de outros teóricos, representações dentro da arte, da música, que enriquecem a discussão, e fazem com que os alunos se interessem mais pelo tema, pois enxergam que por trás da matemática, existe uma ordem cronológica que não é abordada. Esta questão, como é possível observar nos processos de codificação, foi criada pelos estudantes, eles delimitaram que esse fato é importante, que eles precisavam conhecer a história, para ter uma visão mais ampla das coisas.

Visualizamos esta relação, em todos os problemas que foram trabalhados, pois a discussão histórica foi presente em todos os mapas, e como já relatado, pelos estudantes, eles jamais estudariam o Tâmis, ou a Segunda Guerra Mundial, para resolver um problema de Física, se não possuíssem a influência das relações complexas. Bem como, passam a ver a complexidade dentro de temas do dia a dia, e analisando a realidade de forma complexa desenvolvem a criticidade.

E por este motivo escolhemos o livro texto: Fundamentos de Física do Halliday, Resnick e Walker, e não o Física para Ciências Biológicas e Biomédicas da Emico Okuno, Iberê Caldas e Cecil Chow, pois esta última é descrita por problemas bem estruturados, que não nos dariam meios para a abordagem da complexidade.

O terceiro indicador, que se refere a uma relação de aprendizagem, na construção do conhecimento foi a pesquisa. Se analisarmos o questionário, os mapas, e os fragmentos de fala, identificaram o termo inúmeras vezes. Mostrando que os estudantes estabeleceram a pesquisa como meio de organização das relações e o entendimento dos problemas.

Observamos que nos mapas e afins, o conhecimento foi construído aula por aula, e que diversos conceitos surgiram. O tema abordado gerou diversas ramificações sobre um mesmo problema, explicitando a importância da pesquisa no processo de aprendizagem, pois a mesma contribuiu para a não reprodução de conteúdo, e sim aprendizagem significativa de conceitos complexos de Física.

Outra contribuição da pesquisa, durante o processo de aprendizagem se refere no sentido, de contribuir no processo de formação dos professores que tiveram contato com a aplicação desta pesquisa, quanto naqueles que terão contato com alunos formados sob essa óptica.

A resolução de problemas que é a categoria indicadora central da pesquisa, só foi desenvolvida de modo satisfatório pelo apoio das três categorias emergentes, que caminham junto com o objetivo de ampliar a visão de mundo dos estudantes e futuros professores. É notório que o ato de resolver problemas complexos, coloca o foco em dar sentido para a resolução, e não simplesmente aplicar a equação matemática. Diferente do que ocorre com problemas bem estruturados, os problemas complexos não podem ser resolvidos através da imparcialidade, os estudantes perante estas situações, seguem uma direção, podendo ser uma lógica social, histórica, de relações afetivas, com o intuito de saber agir diante de conhecimentos pré-definidos.

Pensar no ensino da complexidade envolve uma formação que permita aos estudantes, conciliarem a produção de conhecimento nas mais diversas áreas, como aqui abordado, Ciências, História, Arte, Música, Teatro, Ética, Geografia, etc. Embora saibamos que essa conciliação aparenta ser difícil, ela é possível, mesmo com toda a dificuldade aparente dos estudantes, é necessário estabelecer caminhos que promovam uma formação sólida, apoiada na busca de novos conhecimentos.

E concluímos que através dos três indicadores, podemos contribuir com uma nova abordagem para a resolução de problemas complexos, uma vez que os indicadores representam a forma como os estudantes se portaram durante as aulas, e os caminhos escolhido por eles para o estabelecimento das relações complexas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com essa pesquisa procurou-se identificar relações de aprendizagem complexas, que contribuíssem diretamente na formação inicial de professores de Biologia, através da aplicação de problemas presentes no volume II de fluídos, do livro texto do *Halliday*. Desde o início do trabalho buscamos proporcionar ao estudante uma experiência diferenciada e valorosa. Optamos em desenvolver as habilidades referentes a leituras de relações complexas, através de problemas reais e situações que fizessem algum sentido para estes.

Durante a construção do trabalho, destacamos a importância da complexidade, dentro do ensino de Ciências, como ponte para a religação de saberes, que se perderam pela fragmentação do conhecimento. Colocando os estudantes como autores do processo de aprendizagem, visando responder o problema de pesquisa: Quais relações de aprendizagem podem ser construídas com estudantes de licenciatura em biologia partindo da discussão de problemas complexos de fluídos do Halliday? Os resultados sinalizaram a presença de indicadores, como a pesquisa, a valorização histórica e a formação de professores, tais aspectos contribuíram para o desenvolvimento dessas relações.

Diante deste fato, destacamos algumas concepções relevantes, e aspectos que consideramos importantes nesta abordagem. Observamos uma grande dificuldade nos estudantes de início, por isso desenvolvemos o trabalho no sentido de sanar e construir significativamente os resultados.

Sabemos que se voltarmos nesta turma de graduação em Biologia, e propormos o trabalho novamente, teremos resultados diferentes do que obtivemos no momento, sendo assim temos consciência que ao ser replicado, este trabalho indicará novas categorias de análise, não se pautando nas que apresentamos, uma vez que cada ser humano estabelece significados diferentes aos termos, de acordo com óptica que lhes é apresentada. E reforçamos que nosso trabalho não se limita apenas a Ciência Física/Biologia, este pode ser desenvolvido em qualquer área de interesse.

Sendo assim, analisando os dados dentro do contexto proposto, dissertaremos um pouco mais na resposta do problema de pesquisa. Pensando

no trabalho desenvolvido através da metodologia da *Grounded Theory* e do Interacionismo Simbólico de Blumer (1969), acreditamos que estamos contribuindo na formação de futuros professores, por aplicar uma metodologia pouco conhecida e utilizada no desenvolvimento de pesquisa no ensino de Ciências, trazendo o passo a passo de como a complexidade aliada a problemas complexos, sejam matemáticos ou situações reais podem ser trabalhadas em sala de aula, por estudantes que não possuem conhecimento do tema.

Ainda sobre a metodologia utilizada, a *Grounded Theory*, esta possibilitou a delimitação do objeto de estudo no trabalho, com a concepção de resolução de problemas, com o objetivo de construir uma abordagem que pudesse ser utilizada por outros professores.

Como já visto através do questionário de sondagem inicial, os estudantes não possuíam uma concepção concreta da complexidade e resolução de problemas complexos. No decorrer do processo temos a modificação dos conceitos, fazendo com que os mesmos estabelecessem diversas relações complexas, não se restringindo a Física e a Biologia.

Identificamos ainda, que após a ministração da sequência de aulas, os estudantes desenvolveram habilidades, que os permitem a visualização de problemas complexos em qualquer situação, pois após os mesmos acompanharem o seu processo de evolução desenvolveram a autoconfiança e a curiosidade em pesquisar mais sobre os assuntos. Notamos ainda, que a participação dos estudantes aumentou conforme os mesmos conseguiram construir o conhecimento.

Em relação à análise de dados, permitiram-se constatar que as ações provenientes dos alunos, construíram categorias, e estas contribuíram para a abordagem que emergiu dos dados codificados, desenvolvidos gradativamente conforme se aumentava a familiaridade com o tema.

O trabalho de Física voltado à Biologia, numa perspectiva de problemas complexos, pode ser considerado como uma possível proposta para a formação inicial de professores, podendo contribuir diretamente na redução da fragmentação do conhecimento científico. Neste sentido, acreditamos que a formação inicial de professores em complexidade, permite a autonomia do estudante, ao construir os significados dos objetos, conforme vai interagindo dentro do seu meio grupal. O professor deixa de ser o detentor do conhecimento,

e interage buscando compreender como as relações estão se desenvolvendo pelos estudantes.

Assim, quando nos referimos em construção de significados, estamos nos referindo no que Morin (1998) defende que é o pensamento integral, sem o fracionamento do saber, criando conexões e resoluções das situações existenciais completamente desvinculadas da contextura em que elas estão situadas.

Contudo, os dados também revelaram uma necessidade gritante no investimento em formação para os professores de Universidades, para que os mesmos sejam agentes transformadores. As resistências e a falta de conhecimento dos estudantes revelam que a pesquisa poderia ter tomado outros rumos, se existisse uma formação inicial para estes.

Por fim, os dados mostram que mesmo sem investimento em formação, sem um conhecimento concreto, os estudantes podem se apropriar dos conceitos, compreender esse processo de religação de saberes, e extrapolar a visão de Ciência linear que lhes é apresentada. Considerando a pesquisa como um todo, percebemos que os estudantes passaram a ver a Física e os Problemas de Física além da matemática, não que esta não seja importante, ela é a linguagem da Física, mas no sentido de estabelecer relações que antes não podiam ser visualizadas. Acreditamos ainda que esta pesquisa possa ser aprofundada, utilizando-se da mesma óptica e dos mesmos referências teóricos.

REFERÊNCIAS

ARDOINO, J. A complexidade. *In*: MORIN, E. **A Religação dos Saberes: O Desafio do Século XXI**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

ARAÚJO, R. R. O paradigma das ciências e suas influências na constituição do sujeito: a intersubjetividade na construção do conhecimento. *In*: CAMARGO, M. R. R. M. **Leitura e escrita como espaços autobiográficos de formação**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

ARLIN, P. K. **The problem of the problem: Every day problem solving: Theory and applications**, New York: NY, Praeger, 1989.

BARROWS, H. S; TAMBLYN, R. M. **Problem-based learning: An approach to medical education**. New York: NY Springer, 1980.

BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 1999.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Ensino de Física, Brasília, 1997.

BLUMER, H. **El interaccionismo simbólico: Perspectiva y Metodo**. Barcelona: Hora, 1969.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1999.

CAPRA, F. **As conexões ocultas: Ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2002.

CAPRA, F. Ecologia profunda: um novo paradigma. **A Teia da Vida**. São Paulo: Cultrix, 1997.

COULON, A. **A Escola de Chicago**. Campinas: Papirus, 1995.

CORDENONSI, A. Z. MULLER, F. M.; BASTOS, F. P. Investigaçao-Ação no Ambiente AMEM: Relato de uma Experiência. In: III CONGRESSO NACIONAL DE AMBIENTES HIPERMIDIA PARA APRENDIZAGEM. 1., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP. 2008. p. 37-38.

DAVIDSON, J. E; & Sternberg. **The psychology of problem solving**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

FUNKE, J. Solving complex problems: Exploration and control of complex systems. *In*: STENBERG, J. **Complex problem solving: Principles and mechanisms**. Hillsdale: NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

FURTH, H. G. **Piaget e o Conhecimento**: fundamentos teóricos. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1974.

FREZZATTI. W. A. **Nietzsche contra Darwin**. 2. Ed. São Paulo: Unijui, 2003.

GAGNÉ, R. M. Contributions of learning to human development. **Psychological Review**, v. 75, p. 85-92, 1968

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GICK, M. L; HOLYOAK, K. J. Schema in duction and analogical transfer. **Cognitive Psychology**, v. 15, p. 1-15, 1986.

GLASER, B; STRAUSS, A. **The discovery of grounded theory**. New York: Aldine de Gruyter, 1967.

GREENO, J. Trends in the theory of knowledge for problems olving: Problems olvin gand education: *In*: HUMANN, J. **Issues in teaching and research**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1978.

GONÇALVES, M. A. S. **Sentir, pensar, agir**: Corporeidade e educação. 3. ed. Campinas: Papirus, 1997.

GOULDING, C. **Groundedtheory**: a practical guide for management, business andmarketresearchers. London: Sage Publications, 2002.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

HAGUETTE, T. M. F. **Metodologias Qualitativas na Sociologia**. 4. Ed. Petrópolis: Vozes, 1995.

HODSON, D. **Teachingand Learning Science**: Towards a Personalized Approach. Buckingham: Open University Press, 2009.

JONASSEN, D. H. **Learning to Solve Problems**: A Handbook for DesigingProblem-Solving Laringe Environments. Nova York, 2010.

JONASSEN, D. H. Toward a Design Theory of Problem Solvin. **ETR & D**. v. 48, n. 8, p. 63-85, 2000. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02300500>. Acesso em 20 set. 2019.

JONASSEN, D. H. Instructional design model for well-structured and ill-structured problem-solving learning out comes. **Educational Technology: Research and Development**. v. 45, p. 65-94, 1997.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LAYDER, D. **New Strategies in social research**. Cambridge: Polity Press, 1993.

LEHMAN, D; LEMPERT, R; NISBETT, R. E. The beffects of graduate training on reasoning: Formal discipline and thinking about everyday-life events. **Educational Psychologist**, v. 43, p. 431-442, 1988.

LEVIN, B. **Introduction**. In: **B. Levin (Ed.). Energizing Teacher Education and Professional Development With Problem-Based Learning**. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development, 2001.

LÜDKE, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1995.

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

MENDONÇA, J. R. C. **Interacionismo Simbólico: uma sugestão metodológica para a pesquisa em Administração**. In: *EnANPAD*, 25., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2001. p. 13-28.

MOIGNE, L. J. J. Complexidade e sistema. In: MORIN, Edgar. **A Religação dos Saberes: O Desafio do Século XXI**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

MORAES, M. C. **O Paradigma educacional emergente**. 1. ed. Campinas: Papyrus, 1997.

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

MORIN, E. **A Religação dos Saberes: O Desafio do Século XXI**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

MORIN, E. **Ciência com Consciência**. Rio de Janeiro: 8. ed. Bertrand Brasil, 2005.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez: Brasília, 2000.

ODUM, H. T. "**Emergy in ecosystems**" in **Environmental Monographs and Symposia**. 3. Ed. Nova York: N. Polunin, 1986.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PETRAGLIA, I. **Educação e a Complexidade do Ser e do Saber**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: Tempo caos e as Leis da Natureza**. 3. ed. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista, 1996.

RIBEIRO, Elisa Antônia. A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. Evidência: olhares e pesquisa em saberes educacionais, Araxá/MG, n. 04, p.129-148, maio de 2008.

RIFKIN, J. **Entropy: A new world view**. 2. Ed. Toronto: Bantam Books, 1980.

ROSNAY, J. Conceitos e Operadores Transversais. *In*: MORIN, E. **A Religação dos Saberes: O Desafio do Século XXI**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

SIMON, F. **Vocabulário de terapia familiar**. 3. Ed. Buenos Aires: Gedisa, 1990.

SMITH, M. U. **A view from biology: Toward a untied theory of problem solving**. Hillsdale – Nova Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

STRAUSS, A. L; GLASER, B. G. **The Discovery of Grounded Theory Strategies for Qualitative Research**. Nova Jersey: Aldine, 2008.

STRAUSS, A. L; CORBIN, J. **Grounded Theory in Practice, Sage Publications**. London: (Aldine), 1997.

STRAUSS, A. L; CORBIN, J. **Pesquisa Qualitativa:** Técnicas e procedimentos para o desenvolvimento da teoria fundamentada. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TORTELLA, J. C. B; BOROCHOVICIUS, E. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: Aval. Pol. Públ. Educ.**, Rio de Janeiro (RJ), v. 22, n. 83, p. 263-294, abr/jun. 2014.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico:** O novo paradigma da ciência. 9. ed. São Paulo: Papyrus, 2012.

APÊNDICE A – Questionário de Pesquisa

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Secretaria de Gestão Acadêmica
Departamento de Biblioteca

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

1) O que é um problema?

2) Como se resolve um problema?

3) O que são problemas complexos?

4) Você lembra durante a graduação de ter resolvido problemas complexos voltados a área biológica?

5) O que é um problema científico?

ANEXO A – Material de apoio sobre fluídos

FLUÍDOS

O que é um fluido?

Fluídos possuem a propriedade de escoar e adaptam-se a forma dos recipientes em que são colocados, isso acontece devido a tensão de cisalhamento (o fluido não resiste a uma força que é paralela a sua superfície).

Os líquidos e os gases são considerados fluídos, pois formam uma rede cristalina, pois seus átomos não são organizados de forma simétrica e rígida.

Massa específica

A massa específica denominada ρ , é a razão entre a massa de um fluido e o volume ocupado por ele:

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V} \quad (1)$$

No S.I a unidade de medida da massa específica é o quilograma por metro cúbico (Kg/m^3) e a massa específica é uma grandeza escalar.

Pressão

A Pressão é a razão entre a força aplicada pelo fluido e área de aplicação dessa força. Onde F é o módulo da força normal a que a área está submetida.

$$p = \frac{F}{A} \quad (2)$$

A unidade de pressão no SI é o pascal (Pa), chamado de Newton por metro quadrado (N/m^2). Existem relações de pressão que são utilizadas na prática, mas não aparecem no SI.

$$1 \text{ atm} = 1.10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ torr} = 14,7 \text{ lb/pol}^2$$

- atm indica a pressão média aproximada da atmosfera a nível do mar;
- torr, nome dado em Homenagem a Torricelli pela invenção do barômetro corresponde a pressão gerada por uma coluna de 760 mm de mercúrio;

Fluídos em Repouso

Estuda o comportamento dos fluídos quando estão em equilíbrio estático. Como já mencionado a pressão é utilizada para definir a distribuição por unidades de área de uma força normal a superfície. A pressão em um fluido em

equilíbrio estático depende da sua profundidade, mas não da dimensão horizontal do fluido ou do recipiente. Podemos calculá-la da seguinte maneira.

$$P = p_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (3)$$

Onde:

P= pressão absoluta

p_0 = pressão da atmosfera

A diferença entre a pressão absoluta e a pressão atmosférica é chamada de pressão manométrica.

Princípio de Pascal

O princípio de Pascal é uma das contribuições mais significativas da mecânica dos fluidos, seu princípio foi enunciado pela primeira vez por Blaise Pascal em 1642 e diz: “Uma variação da pressão aplicada a um fluido incompressível contido em um recipiente é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente”.

Aplicações do Princípio de Pascal

De acordo com o princípio enunciado por Pascal, que ao se aplicar uma pressão em um ponto qualquer de um líquido, essa pressão se distribui a todos os pontos inclusive as paredes do recipiente, é utilizada em diversos dispositivos, como por exemplo, a prensa hidráulica e freios hidráulicos de automóveis.

Macaco Hidráulico

Neste sistema (representado na figura 1), existem dois cilindros cheios de óleo (fluido) que se comunicam, compostos por pistões que se movem em seu interior.

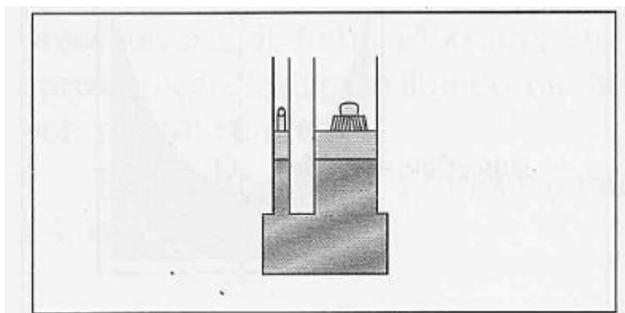
Ao ser aplicada uma força F_1 no pistão do cilindro mais fino, existe um aumento da pressão interna do sistema, pelo que chamamos de variação da pressão dada por $\Delta P = \frac{F_1}{A_1}$, pelo enunciado de Pascal sabemos que em todos os pontos a pressão irá aumentar. O pistão do cilindro maior vai ter o mesmo

aumento da pressão, logo, $F_2 = \Delta P \cdot A_2$, assim a força exercida no cilindro maior pode ser escrita como:

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \quad (4)$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (5)$$

Figura 1: Macaco Hidráulico



Fonte: NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica: fluidos, oscilações, ondas e calor. São Paulo: E. Blücher, 2002; p. 14.

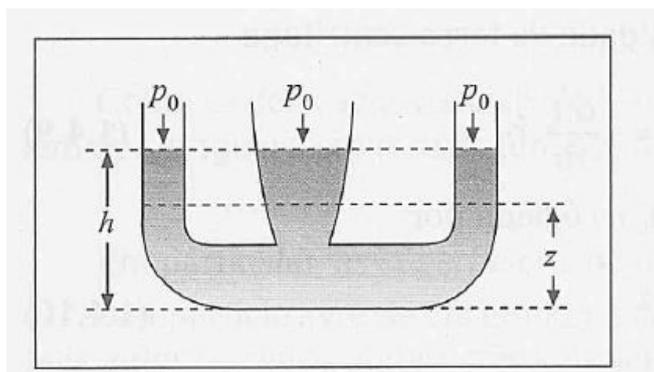
Teorema fundamental da Hidrostática (Teorema de Stevin)

É enunciada da seguinte maneira: “A diferença de pressão entre dois pontos de um fluido em repouso é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de cota entre os dois pontos avaliados”. Matematicamente temos:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h \quad (6)$$

Uma das aplicações do Teorema de Stevin, são os vasos comunicantes. Os vasos comunicantes são formados por vários ramos que se comunicam entre si (figura 2). Assim a superfície livre de um líquido que ocupa as diferentes partes do recipiente é horizontal, e o líquido sobre a mesma altura h em todos os ramos. A pressão no fluido também é a mesma em quaisquer pontos dos ramos que estejam a mesma altura z .

Figura 2: Vasos comunicantes

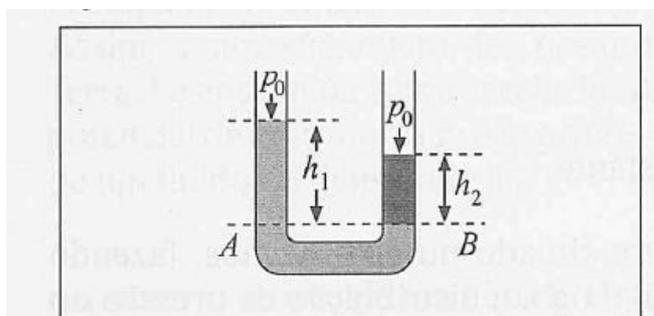


Fonte: NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica: fluidos, oscilações, ondas e calor. São Paulo: E. Blücher, 2002; p. 17.

Se temos dois ramos (tubo em U) e esses líquidos possuem densidades diferentes, que não se misturam, eles subirão a alturas diferentes em relação a um plano (figura 3) que passa todo pelo mesmo fluido. Assim podemos escrever:

$$p = p_o + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = p_o + \rho_2 \cdot g \cdot h_2 \quad (7)$$

Figura 3: Vasos comunicantes em U



Fonte: NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica: fluidos, oscilações, ondas e calor. São Paulo: E. Blücher, 2002; p. 18.

Princípio de Arquimedes

Definida através da seguinte expressão: “Todo corpo imerso, total ou parcialmente, num fluido em equilíbrio, dentro de um campo gravitacional, fica sob a ação de uma força vertical, com sentido ascendente, aplicada pelo fluido. Esta força é denominada empuxo (E), cuja intensidade é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo.”

O princípio de Arquimedes permite calcular a força que um fluido (líquido/gás) exerce sobre um sólido nele mergulhado. De acordo com Arquimedes o módulo da força do empuxo é dado por:

$$F_E = m_f \cdot g \quad (8)$$

Onde m_f é a massa do fluido deslocado.

Flutuação

Ao colocarmos um pedaço de madeira sobre um rio, a mesma é puxada para baixo pela gravidade, à medida que o pedaço de madeira desloca a água, o módulo F_E , da força de empuxo que aponta pra cima aumenta. Assim F_E , se torna igual ao módulo da força gravitacional F_g , e a madeira flutua. Resumindo “Quando um corpo flutua em um fluido, o módulo F_E , da força de empuxo que age sobre o corpo é igual ao módulo F_g , da força gravitacional a que o corpo está submetido”.

$$F_E = F_g \text{ Flutuação (9)}$$

Quando um corpo flutua em um fluido, o módulo da força F_g gravitacional a que o corpo está submetido é igual ao peso do fluido $m_f \cdot g$ deslocado pelo corpo.

$$F_g = m_f \cdot g \text{ Flutuação (10)}$$

Peso aparente de um corpo imerso em um fluido

O peso aparente de um corpo está relacionado ao peso real e a força de empuxo descrita na equação 11:

$$P_{ap} = P - F_E \quad (11)$$

Fluídos ideais em movimento

Um fluido ideal satisfaz quatro requisitos do escoamento:

Escoamento é laminar: ocorre quando as partículas de um fluido se movem por trajetórias bem definidas, ou seja, a velocidade de um fluido em um

ponto fixo não varia com o tempo. Se a velocidade das partículas aumenta, ou seja, deixa de ser constante, o escoamento é chamado de turbulento.

É incompressível: a massa específica tem o mesmo valor em todos os pontos do fluido, e em qualquer instante do tempo.

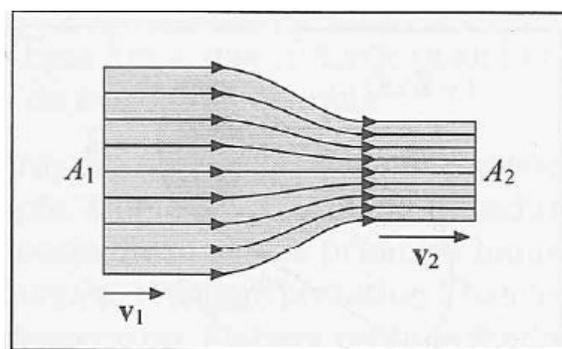
É não viscoso: a viscosidade de um fluido é uma medida da resistência que o fluido oferece ao escoamento, ou seja, é a propriedade associada a resistência que um fluido oferece a deformação de cisalhamento.

É irrotacional: Ocorre quando as partículas de um fluido, não apresentam rotação em relação a um eixo qualquer.

Equação da continuidade:

A equação da continuidade relaciona a velocidade de escoamento de um fluido e a área disponível para o escoamento. Certamente você já percebeu que ao estarmos regando as plantas de um jardim é comum usarmos o polegar para fechar a saída de água, esse fato demonstra que a velocidade da água depende da área de seção reta A , por onde a água escoar. A figura 4, demonstra essa funcionalidade descrita pela equação da continuidade.

Figura 4: Massa de um fluido deslocado



Fonte: NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica: fluidos, oscilações, ondas e calor. São Paulo: E. Blücher, 2002; p. 27.

A partir da imagem é possível verificar que o caminho feito pelo fluido possui duas áreas diferentes. Suponha que em um intervalo de tempo (Δt), um volume (ΔV) do fluido entre pela área A_1 . Adotando o fluido como incompressível, devemos assumir que o mesmo volume (ΔV) deverá sair pela extremidade da área A_2 . Assim temos a equação da continuidade para o escoamento de um fluido ideal:

$$A_1V_1 = A_2V_2 \quad (12)$$

A vazão de um fluido pode ser calculada partindo dos conceitos abordados na equação da continuidade.

$$R_V = A_V = \text{constante} \quad (13)$$

Em que R_V é a vazão do fluido (volume que passa por uma seção reta por unidade de tempo). A unidade de vazão do SI é o metro cúbico por segundo (m^3/s). Se a massa específica é a mesma em todos os pontos do fluido, podemos obter a vazão mássica R_m (massa por unidade de tempo). Unidade de vazão mássica no SI é o quilograma por segundo (kg/s).

$$R_m = \rho R_V = \rho \Delta_V = \text{constante} \quad (14)$$

Referências:

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10. ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC, 2009.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**: fluidos, oscilações, ondas e calor. São Paulo (SP): E. Blücher, 2002.