



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**  
**MESTRADO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**

**Wolney Cosme Silva André**

**ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA CRÍTICA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA  
ACÚSTICA**

**Recife**

**2023**

**Wolney Cosme Silva André**

**ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Linha de pesquisa: Processos de construção de significados em Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Ivoneide Mendes da Silva

**Recife**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A555a

André, Wolney Cosme Silva

Análise de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica, no que tange o Ensino da Física Acústica / Wolney Cosme Silva André. - 2023.  
290 f. : il.

Orientador: Ivoneide Mendes da Silva.  
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, 2023.

1. Ensino de Física. 2. Aprendizagem significativa e crítica. 3. UEPS. 4. Mapas conceituais. 5. Conceito de timbre do som. I. Silva, Ivoneide Mendes da, orient. II. Título

CDD 507

---

**Wolney Cosme Silva André**

**ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Recife, 04 de julho de 2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ivoneide Mendes da Silva (Orientadora)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Helaine Sivini Ferreira (Membro Interno)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Kátia Calligaris Rodrigues (Membro Externo)

---

Prof. Dr. Francisco Nairon Monteiro Júnior (Membro Externo)

## **AGRADECIMENTOS**

Depois de quase dois anos e seis meses de curso é impossível não ter uma lista de pessoas e instituições ao qual devo meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus Pai pela sua Divina Misericórdia por ter me proporcionado a vida e a saúde tão necessárias para finalizar esta pesquisa. Pela intercessão da Virgem Mãe no título de Nossa Senhora da Imaculada Conceição e São Miguel Arcanjo.

Gratidão a cada membro da minha família, em especial aos meus pais, Maria José e Wolnei Silva, além dos meus irmãos, Woldney e Beatriz, por toda ajuda, força e orações. De forma especial, a Luana Aguiar, minha parceira desde a graduação, por toda ajuda e companheirismo durante essa caminhada.

Gratidão ao professor da escola que se tornou uma referência profissional e amigo valioso. Além da gestão da escola que permitiu a realização da pesquisa no ambiente escolar, bem como aos estudantes da turma 3ª A de 2022 por participarem e ajudarem a finalizar uma das etapas do meu curso de mestrado.

Aos amigos de mestrado, de forma especial, a Denilson, Lucas Mariano, Renato, Suene e Wilson por ajudarem a tornar o curso mais leve no meio de um período tão conturbado do mundo.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação Graduação em Ensino das Ciências que de alguma forma contribuíram para meu aprendizado.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco por se dedicar tanto nas políticas públicas proporcionando a cada estudante meios para ingressar e permanecer no curso. Gratidão a essa universidade por me formar Licenciado em Física, aos amigos da graduação que me ajudaram a superar as dificuldades durante o curso, em especial Thiago Carneiro.

Ao Espaço Ciência, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência, ao Programa Residência Pedagógica, ao Programa de Educação Tutorial e ao Projeto de Ensino Coletivo Entropia por permitirem a minha participação e me ajudarem a evoluir como profissional.

Ao Prof. Dr Francisco Nairon pela coordenação do PRP durante a minha participação, bem como pela sua amizade e ajuda durante a graduação. Além do acolhimento na disciplina de estágio supervisionado obrigatório durante o mestrado.

Ao Prof. Dr. Paulo Correia, professor do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (SP), pela

possibilidade de cursar sua disciplina de mapas conceituais e aprendizagem colaborativa, no qual foi um ponto chave para essa pesquisa. Além dos companheiros de disciplina Adilson, Erik, Felipe e Jailton pela parceria durante as atividades colaborativas.

A cada um dos membros do Grupo de Pesquisa em Educação Ativa, coordenado pela Prof<sup>a</sup>. Dra. Ivoneide Mendes, por contribuírem em cada etapa da minha pesquisa.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Ivoneide Mendes pela orientação, carinho e amizade durante essa caminhada.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa concedida a mim, durante parte do curso, bem como pelo financiamento dos Programas de Pós-Graduação do País.

Por fim, mas não menos importante, a todos que contribuíram diretamente e indiretamente para a realização dessa pesquisa.

Minha eterna gratidão a cada um de vocês!

"A mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará ao seu tamanho original"

*Albert Einstein*

## RESUMO

As investigações mais recentes, na área de Ensino das Ciências, apontam que o ensino de Física vem sendo caracterizado pela transmissão de informações e na memorização de fórmulas, enunciados e leis. Buscando amenizar esta situação, pesquisas vêm diagnosticando as contribuições da identificação dos conhecimentos prévios para o processo de ensino e aprendizagem. Entre as metodologias de ensino que se propõem ensinar determinado conceito a partir do que o estudante já sabe, destaca-se as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). As UEPS são sequências de ensino fundamentadas, principalmente, na teoria da aprendizagem significativa e na teoria da aprendizagem significativa crítica, dessa forma essa metodologia visa proporcionar um ambiente favorável para a atribuição de significado e criticidade. Por outro lado, temos o conceito de Timbre que apresenta alguns obstáculos para seu processo de ensino, como a natureza abstrata do conceito e a necessidade da utilização de modelos para compreensão dos fenômenos. Sendo assim, esta pesquisa buscou responder como ocorre a construção do conceito de timbre do som, a partir da implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio. De modo a responder essa pergunta, essa pesquisa propôs analisar a construção do conceito de timbre do som a partir da implementação de uma UEPS, com estudantes do terceiro ano do ensino médio. Para isso, foi elaborada uma UEPS com nove etapas nomeadas como: (I) escolha dos conceitos, (II) aula de ambientação dos mapas conceituais, (III) situação inicial para a coleta dos conhecimentos prévios, (IV) primeira situação-problema, (V) processo da diferenciação progressiva, (VI) segunda situação-problema, (VII) processo da reconciliação integradora, (VIII) avaliação somativa individual e (IX) aula integradora. No total, participaram da pesquisa 30 estudantes da terceira série do Ensino Médio de uma escola estadual da Região Metropolitana do Recife. Como instrumentos de pesquisa, foram utilizadas a técnica de coleta de documentos e a aplicação de um questionário aberto. Já para análise dos dados foram utilizadas a análise de conteúdo e uma adaptação da análise estrutural, da análise conceitual e da análise da rede proposicional frente a pergunta focal dos mapas conceituais. Por meio dos resultados foi possível identificar a falta de subsunções relacionados com o conceito de timbre. Além disso, foi possível verificar a falta e a presença dos processos de diferenciação progressiva nos mapas conceituais colaborativos, bem como indícios de aprendizagem significativa, além de indícios de aprendizagem significativa crítica a partir das contribuições e limitações da aplicação da UEPS. Por fim, temos que a pesquisa possibilitou identificar como ocorre a construção do conceito de timbre por meio da aplicação de uma UEPS, bem como as evidências de aprendizagem significativa e crítica pelos estudantes.

**Palavras-Chaves:** Ensino de Física; Aprendizagem significativa e crítica; UEPS; Mapas conceituais; Conceito de timbre do som.

## ABSTRACT

The most recent investigations, in the area of Science Teaching, point out that the teaching of Physics has been characterized by the transmission of information and the memorization of formulas, statements and laws. Seeking to alleviate this situation, research has been diagnosing the contributions of identifying prior knowledge to the teaching and learning process. Among the teaching methodologies that propose to teach a certain concept based on what the student already knows, Potentially Meaningful Units (PMTU) stand out. The PMTU are teaching sequences based mainly on the theory of meaningful learning and the theory of critical meaningful learning, so this methodology aims to provide a favorable environment for the attribution of meaning and criticality. On the other hand, we have the concept of Timbre, which presents some obstacles to its teaching process, such as the abstract nature of the concept and the need to use models to understand the phenomena. Therefore, this research sought to answer how does the construction of the concept of sound timbre occur, based on the implementation of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) with third year high school students? In order to answer this question, this research proposed to analyze the construction of the concept of sound timbre from the implementation of a PMTU, with third year high school students. For this, a PMTU was elaborated with nine stages named as: (I) choice of concepts, (II) classroom setting of concept maps, (III) initial situation for the collection of prior knowledge, (IV) first problem-situation, (V) progressive differentiation process, (VI) second problem-situation, (VII) integrative reconciliation process, (VIII) individual summative assessment and (IX) integrative class. In total, 30 students from the third grade of high school in a state school in the Metropolitan Region of Recife participated in the research. As research instruments, the document collection technique and the application of an open questionnaire were used. For data analysis, content analysis and an adaptation of structural analysis, conceptual analysis and analysis of the propositional network were used in view of the focal question of the conceptual maps. Through the results it was possible to identify the lack of subsumers related to the timbre concept. In addition, it was possible to verify the absence and presence of progressive differentiation processes in the collaborative conceptual maps, as well as evidence of significant learning, in addition to evidence of significant critical learning from the contributions and limitations of the application of the PMTU. Finally, we have that the research made it possible to identify how the construction of the concept of timbre occurs through the application of a PMTU, as well as the evidence of significant and critical learning by the students.

**Keywords:** Physics Teaching; Meaningful and critical learning; PMTU; Concept maps; Sound timbre concept.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1:</b> APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MECÂNICA .....	24
<b>FIGURA 2:</b> MAPA CONCEITUAL COM A PERGUNTA FOCAL: O QUE É PRECISO PARA ESTIMULAR UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA? .....	31
<b>FIGURA 3:</b> EXEMPLOS DE ESTRUTURAS NÃO PROPOSICIONAIS E PROPOSICIONAIS .....	33
<b>FIGURA 4:</b> ESTRUTURAS DE CONHECIMENTO E NÍVEL DE COMPREENSÃO CONCEITUAL ...	37
<b>FIGURA 5:</b> TIPOS DE INTERAÇÕES COLABORATIVAS QUE PODEM OCORRER DURANTE O PROCESSO DE APRENDIZAGEM. LEGENDA: P — PROFESSOR (QUADRADOS) E E — ESTUDANTES (CÍRCULOS).....	40
<b>FIGURA 6:</b> ETAPAS DO MODELO DA CONSTRUÇÃO COLABORATIVA DO CONHECIMENTO .	41
<b>FIGURA 7:</b> REPRESENTAÇÃO DOS PROCESSOS DE CONSENSO ILUSÓRIO E POR CONFLITO .	42
<b>FIGURA 8:</b> PRINCÍPIOS FACILITADORES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA .....	44
<b>FIGURA 9:</b> ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DA UEPS.....	50
<b>FIGURA 10:</b> CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DA ONDA.....	71
<b>FIGURA 11:</b> PROPAGAÇÃO DA ONDA LONGITUDINAL E VERTICAL .....	72
<b>FIGURA 12:</b> MODELO DE PRODUÇÃO E PROPAGAÇÃO DE ONDAS SONORAS .....	73
<b>FIGURA 13:</b> PROPAGAÇÃO DE ONDAS SONORAS COM FREQUÊNCIAS DIFERENTES.....	74
<b>FIGURA 14:</b> RELAÇÃO ENTRE A ÁREA DE PROPAGAÇÃO E A POTÊNCIA SONORA.....	76
<b>FIGURA 15:</b> MODELO DA INTERFERÊNCIA CONSTRUTIVA DE ONDAS VERTICAIS.....	77
<b>FIGURA 16:</b> MODELO DA INTERFERÊNCIA DESTRUTIVA DE ONDAS VERTICAIS .....	78
<b>FIGURA 17:</b> MODELO DA INTERFERÊNCIA DESTRUTIVA DE ONDAS VERTICAIS - CASO ESPECIAL QUANDO AS AMPLITUDES SÃO IGUAIS.....	79
<b>FIGURA 18:</b> MODELOS DA INTERFERÊNCIA CONSTRUTIVA E DESTRUTIVA DE ONDAS VERTICAIS E LONGITUDINAIS. ....	80
<b>FIGURA 19:</b> REPRESENTAÇÃO DA SOMA DAS ONDAS VERTICAIS NO FENÔMENO DA SUPERPOSIÇÃO.....	81
<b>FIGURA 20:</b> ESQUEMA DA VISTA PANORÂMICA DA PRODUÇÃO DE NOTAS MUSICAIS PELAS CORDAS DO VIOLÃO .....	81
<b>FIGURA 21:</b> DIFERENÇA ENTRE AS CURVAS DE TIMBRES DE UM TROMPETE E DE UM TROMPETE SINTETIZADO, BEM COMO DE UM VIOLÃO E DE UM VIOLÃO SINTETIZADO .....	82
<b>FIGURA 22:</b> MAPA CONCEITUAL COM A PERGUNTA FOCAL: COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM? .....	84
<b>FIGURA 23:</b> EXEMPLO DA CODIFICAÇÃO USADA NA ANÁLISE DAS EXPLICAÇÕES INDIVIDUAIS DO MC-INICIAL.....	93
<b>FIGURA 24:</b> REPRESENTAÇÃO DOS TRÊS TIPOS DE ESTRUTURAS DE CONHECIMENTO: (A) RADIAL, (B) LINEAR E (C) REDE.....	94
<b>FIGURA 25:</b> EXEMPLO DA CODIFICAÇÃO USADA NA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO ABERTO. ....	98
<b>FIGURA 26:</b> ETAPAS DE PLANEJAMENTO E APLICAÇÃO DA UEPS .....	99
<b>FIGURA 27:</b> MAPA CONCEITUAL COM A PERGUNTA FOCAL: QUAIS OS BENEFÍCIOS DA ATIVIDADE FÍSICA? .....	104
<b>FIGURA 28:</b> MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO NA AULA DE AMBIENTAÇÃO, RECONSTRUÍDO NO PROGRAMA CMAP TOOLS .....	105
<b>FIGURA 29:</b> ESQUEMA DA ORGANIZAÇÃO INICIAL PARA AVALIAÇÃO DO MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 ENTRE OS GRUPOS .....	115
<b>FIGURA 30:</b> ESQUEMA DA ORGANIZAÇÃO FINAL PARA AVALIAÇÃO DO MAPA CONCEITUAL-3 ENTRE OS GRUPOS. ....	115
<b>FIGURA 31:</b> PROCESSO DE ANÁLISE DOS DADOS.....	118
<b>FIGURA 32:</b> MAPA CONCEITUAL INICIAL .....	119

<b>FIGURA 33:</b> VERSÃO FINAL DO MC-1 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A8, A9, A12, A16 E A28 DO GRUPO 1.	126
<b>FIGURA 34:</b> VERSÃO FINAL DO MC-2 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A8, A9, A12, A16 E A28 DO GRUPO 1.	131
<b>FIGURA 35:</b> VERSÃO FINAL DO MC-3 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A8, A9, A12, A16 E A28 DO GRUPO 1.	135
<b>FIGURA 36:</b> VERSÃO FINAL DO MC-1 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A2, A11 E A18 DO GRUPO 2.....	143
<b>FIGURA 37:</b> VERSÃO FINAL DO MC-2 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A2, A11 E A18 DO GRUPO 2.....	146
<b>FIGURA 38:</b> VERSÃO FINAL DO MC-3 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A2, A11 E A18 DO GRUPO 2.....	150
<b>FIGURA 39:</b> VERSÃO FINAL DO MC-4 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A2, A11 E A18 DO GRUPO 2.....	153
<b>FIGURA 40:</b> VERSÃO FINAL DO MC-1 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A19, A25, A26, A31, A34 E A36 DO GRUPO 3. ....	159
<b>FIGURA 41:</b> VERSÃO FINAL DO MC-2 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A19, A25, A26, A31, A34 E A36 DO GRUPO 3. ....	163
<b>FIGURA 42:</b> VERSÃO FINAL DO MC-3 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A19, A25, A26, A31, A34 E A36 DO GRUPO 3. ....	166
<b>FIGURA 43:</b> VERSÃO FINAL DO MC-4 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A19, A25, A26, A31, A34 E A36 DO GRUPO 3. ....	170
<b>FIGURA 44:</b> VERSÃO FINAL DO MC-1 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A7, A22, A32 E A35 DO GRUPO 4. ....	178
<b>FIGURA 45:</b> VERSÃO FINAL DO MC-2 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A7, A22, A32 E A35 DO GRUPO 4. ....	181
<b>FIGURA 46:</b> VERSÃO FINAL DO MC-3 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A7, A22, A32 E A35 DO GRUPO 4. ....	184
<b>FIGURA 47:</b> VERSÃO FINAL DO MC-4 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A7, A22, A32 E A35 DO GRUPO 4. ....	186

<b>FIGURA 48:</b> VERSÃO FINAL DO MC-1 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A3, A20 E A23 DO GRUPO 5.....	193
<b>FIGURA 49:</b> VERSÃO FINAL DO MC-2 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A3, A20 E A23 DO GRUPO 5.....	196
<b>FIGURA 50:</b> VERSÃO FINAL DO MC-3 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A3, A20 E A23 DO GRUPO 5.....	199
<b>FIGURA 51:</b> VERSÃO FINAL DO MC-4 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A3, A20 E A23 DO GRUPO 5.....	203
<b>FIGURA 52:</b> VERSÃO FINAL DO MC-1 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A4, A6, A10 E A15 DO GRUPO 6.....	209
<b>FIGURA 53:</b> VERSÃO FINAL DO MC-2 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A4, A6, A10 E A15 DO GRUPO 6.....	212
<b>FIGURA 54:</b> VERSÃO FINAL DO MC-3 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A4, A6, A15 E A27 DO GRUPO 6.....	215
<b>FIGURA 55:</b> VERSÃO FINAL DO MC-4 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A4, A6, A10 E A15 DO GRUPO 6.....	218
<b>FIGURA 56:</b> VERSÃO FINAL DO MC-1 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A13, A14, A17, A28, A29 E A38 DO GRUPO 7.....	225
<b>FIGURA 57:</b> VERSÃO FINAL DO MC-2 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A13, A14, A17, A28, A29 E A38 DO GRUPO 7.....	228
<b>FIGURA 58:</b> VERSÃO FINAL DO MC-3 RECONSTRUÍDO UTILIZANDO O SOFTWARE <i>C MAP TOOLS</i> COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A13, A14, A17, A28, A29 E A38 DO GRUPO 7.....	231
<b>FIGURA 59:</b> VERSÃO FINAL DO MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 COM A PERGUNTA FOCAL “COMO O CONCEITO DE TIMBRE SE RELACIONA COM A FÍSICA DO SOM?”, ELABORADO PELOS ALUNOS A13, A14, A17, A28, A29 E A38 DO GRUPO 7.....	235

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1:</b> RESULTADOS DA PESQUISA UTILIZANDO OS DESCRITORES .....	54
<b>QUADRO 2:</b> PUBLICAÇÕES QUE UTILIZAM AS UEPS COMO METODOLOGIA DIDÁTICA .....	55
<b>QUADRO 3:</b> DISTRIBUIÇÃO DAS PUBLICAÇÕES DE ACORDO COM A FINALIDADE DA UEPS .....	57
<b>QUADRO 4:</b> PRODUTOS COLETADOS QUE FORAM PRODUZIDOS PELOS ESTUDANTES .....	89
<b>QUADRO 5:</b> INSTRUMENTOS DE PESQUISA E OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	91
<b>QUADRO 6:</b> PARÂMETRO PARA CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-INICIAL .....	91
<b>QUADRO 7:</b> PARÂMETRO DOS TIPOS DE ESTRUTURA DE CONHECIMENTO .....	95
<b>QUADRO 8:</b> PARÂMETRO PARA A CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DOS MAPAS CONCEITUAIS .....	96
<b>QUADRO 9:</b> CATEGORIAS DA ANÁLISE DA REDE PROPOSICIONAL FRENTE À PERGUNTA FOCAL.....	97
<b>QUADRO 10:</b> CRONOGRAMA FINAL DO PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO .....	102
<b>QUADRO 11:</b> ETAPAS E DESCRIÇÃO DE CADA ETAPA DA UEPS .....	102
<b>QUADRO 12:</b> DESCRIÇÃO DA 1ª SITUAÇÃO-PROBLEMA .....	107
<b>QUADRO 13:</b> DESCRIÇÃO DA 2ª SITUAÇÃO-PROBLEMA.....	112
<b>QUADRO 14:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-INICIAL.....	120
<b>QUADRO 15:</b> CATEGORIA E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS DA ANÁLISE DAS EXPLICAÇÕES INDIVIDUAIS DO MC-INICIAL.....	122
<b>QUADRO 16:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-1 DO GRUPO 1 .....	127
<b>QUADRO 17:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-2 DO GRUPO 1 .....	132
<b>QUADRO 18:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-3 DO GRUPO 1 .....	136
<b>QUADRO 19:</b> CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS DA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QA, REFERENTES ÀS PERGUNTAS 1 A 4, RESPONDIDAS PELOS ALUNOS A4, A8, A9, A16, A24 DO GRUPO 1.....	139
<b>QUADRO 20:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-1 DO GRUPO 2 .....	144
<b>QUADRO 21:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-2 DO GRUPO 2 .....	147
<b>QUADRO 22:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-3 DO GRUPO 2 .....	151
<b>QUADRO 23:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-4 DO GRUPO 2 .....	154
<b>QUADRO 24:</b> CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS DA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QA, REFERENTES ÀS PERGUNTAS 1 A 4, RESPONDIDAS PELOS ALUNOS A11, A18 E A33 DO GRUPO 2.....	156
<b>QUADRO 25:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-1 DO GRUPO 3 .....	160
<b>QUADRO 26:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-2 DO GRUPO 3 .....	164
<b>QUADRO 27:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-3 DO GRUPO 3 .....	167
<b>QUADRO 28:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-4 DO GRUPO 3 .....	171
<b>QUADRO 29:</b> CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS DA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QA, REFERENTES ÀS PERGUNTAS DE 1 A 4, RESPONDIDAS PELOS ALUNOS A19, A26, A31, A34 E A36 DO GRUPO 3.....	174
<b>QUADRO 30:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-1 DO GRUPO 4 .....	179
<b>QUADRO 31:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-2 DO GRUPO 4 .....	182
<b>QUADRO 32:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-3 DO GRUPO 4 .....	185
<b>QUADRO 33:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-4 DO GRUPO 4 .....	187
<b>QUADRO 34:</b> CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS DA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QA, REFERENTES ÀS PERGUNTAS 1 A 4, RESPONDIDAS PELOS ALUNOS A7, A22, A32 E A35 DO GRUPO 4.....	189
<b>QUADRO 35:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-1 DO GRUPO 5.....	194
<b>QUADRO 36:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-2 DO GRUPO 5.....	197

<b>QUADRO 37:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-3 DO GRUPO 5.....	200
<b>QUADRO 38:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-4 DO GRUPO 5.....	204
<b>QUADRO 39:</b> CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS DA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QA, REFERENTES ÀS PERGUNTAS 1 A 4, RESPONDIDAS PELOS ALUNOS A20 E A23 DO GRUPO 5. ....	206
<b>QUADRO 40:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-1 DO GRUPO 6.....	210
<b>QUADRO 41:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-2 DO GRUPO 6.....	213
<b>QUADRO 42:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-3 DO GRUPO 6.....	216
<b>QUADRO 43:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-4 DO GRUPO 6.....	219
<b>QUADRO 44:</b> CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS DA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QA, REFERENTES ÀS PERGUNTAS 1 A 4, RESPONDIDAS PELOS ALUNOS A4, A6 E A15 DO GRUPO 6. ....	221
<b>QUADRO 45:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-1 DO GRUPO 7.....	226
<b>QUADRO 46:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-2 DO GRUPO 7.....	229
<b>QUADRO 47:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-3 DO GRUPO 7.....	232
<b>QUADRO 48:</b> CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DO MC-4 DO GRUPO 7.....	236
<b>QUADRO 49:</b> CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS DA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QA, REFERENTES ÀS PERGUNTAS 1 A 4, RESPONDIDAS PELOS ALUNOS A14, A17, A28, A29 E A32 DO GRUPO 7. ....	238
<b>QUADRO 50:</b> CATEGORIA E SUBCATEGORIAS IDENTIFICADAS NA ANÁLISE DAS RESPOSTAS, REFERENTES ÀS DAS PERGUNTAS 5 A 7 DO QA. ....	242
<b>QUADRO 51:</b> CATEGORIA E SUBCATEGORIAS IDENTIFICADAS NA ANÁLISE DAS RESPOSTAS, REFERENTES ÀS DAS PERGUNTAS 8 A 10 DO QA. ....	244
<b>QUADRO 52:</b> CATEGORIA E SUBCATEGORIAS EMERGIDAS A PARTIR DA ANÁLISE DAS RESPOSTAS REFERENTES ÀS PERGUNTAS 5 A 10 DO QA. ....	246

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>22</b>
1.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS).....	22
1.1.1 Condições para a aprendizagem significativa.....	25
1.1.2 Organizadores prévios .....	26
1.1.3 Estrutura cognitiva e princípios facilitadores da aprendizagem significativa	28
1.1.4 Avaliação da aprendizagem Significativa .....	29
1.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E OS MAPAS CONCEITUAIS .....	32
1.2.1 Parâmetros para a produção de um bom mapa conceitual .....	32
1.2.2 Estruturas Hierárquicas Inapropriadas ou Limitadas (LIPhs) .....	35
1.2.3 Mapas conceituais e estruturas de conhecimento.....	36
1.2.4 Mapas conceituais e o modelo da construção colaborativa do conhecimento	38
1.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA (TASC).....	43
1.4 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS).....	49
1.4 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL) .....	53
1.4.1 Elaboração de questões de pesquisa .....	53
1.4.2 Elaboração de questões de pesquisa .....	53
1.4.2 Seleção de publicações segundo critérios de inclusão e exclusão .....	54
1.4.3 Critérios de verificação da qualidade dos estudos.....	55
1.4.4 Resultados e discussões da RSL .....	55
1.4.5 Considerações finais da RSL .....	69
<b>CAPÍTULO 2: CONCEITO DE TIMBRE DO SOM</b> .....	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO 3: CAMINHO METODOLÓGICO</b> .....	<b>86</b>
3.1 CAMPO E ATORES SOCIAIS DA PESQUISA .....	87
3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS .....	88
3.2.1 Coleta de documento .....	88
3.2.2 Questionário aberto.....	90
3.3 ANÁLISE DOS DADOS .....	91

<b>3.3.1 Análise do mapa conceitual inicial</b> .....	<b>91</b>
<b>3.3.2 Análise qualitativa dos mapas conceituais colaborativos 1, 2, 3 e 4</b> .....	<b>94</b>
<b>3.3.3 Análise do questionário aberto</b> .....	<b>97</b>
<b>3.4 INTERVENÇÃO</b> .....	<b>98</b>
<b>3.4.1 Primeiro momento: Etapas de planejamento da UEPS</b> .....	<b>99</b>
<b>3.4.2 Segundo momento: A implementação da UEPS</b> .....	<b>102</b>
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>118</b>
<b>4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ESTUDANTES RELACIONADOS COM O CONCEITO DE TIMBRE DO SOM</b> .....	<b>119</b>
<b>4.1.1 Análise proposicional do mapa conceituai inicial (MC-Inicial)</b> .....	<b>119</b>
<b>4.1.2 Análise das explicações individuais do MC-Inicial</b> .....	<b>122</b>
<b>4.2 ANÁLISE DA ELABORAÇÃO DOS PROCESSOS COGNITIVOS DA DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E A RECONCILIAÇÃO INTEGRADORA PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA</b> .....	<b>125</b>
<b>4.2.1 Análise dos processos cognitivos do Grupo 01</b> .....	<b>126</b>
<b>4.2.2 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo Grupo 02</b> .....	<b>143</b>
<b>4.2.3 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 03</b> .....	<b>158</b>
<b>4.2.4 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 04</b> .....	<b>177</b>
<b>4.2.5 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 05</b> .....	<b>192</b>
<b>4.2.6 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 06</b> .....	<b>208</b>
<b>6.2.7 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 07</b> .....	<b>224</b>
<b>4.3 VERIFICAÇÃO DE CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DA UEPS PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA</b> .....	<b>241</b>
<b>4.3.1 Contribuições do processo de aplicação</b> .....	<b>241</b>
<b>4.3.2 Limitações do processo de aplicação</b> .....	<b>245</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>248</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>253</b>
<b>APÊNDICE A - ARTIGOS EXCLUÍDOS DA REVISÃO CONFORME OS CRITÉRIOS ESTABELECIDOS</b> .....	<b>259</b>

<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA OS ESTUDANTES MAIORES DE IDADE OU EMANCIPADOS .....</b>	<b>261</b>
<b>APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA O RESPONSÁVEL PELO ESTUDANTE MENOR DE IDADE</b>	<b>264</b>
<b>APÊNDICE D - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) PARA OS ESTUDANTES MENORES DE IDADE.....</b>	<b>267</b>
<b>APÊNDICE E - MODELO DE CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DA PESQUISA .....</b>	<b>270</b>
<b>APÊNDICE F - QUESTIONÁRIO ABERTO APLICADO COM OS ESTUDANTES .....</b>	<b>271</b>
<b>APÊNDICE G - MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO NA AULA DE AMBIENTAÇÃO ORIGINAL.....</b>	<b>273</b>
<b>APÊNDICE H - MAPA CONCEITUAL INICIAL ORIGINAL .....</b>	<b>274</b>
<b>APÊNDICE G - MAPAS CONCEITUAIS COLABORATIVOS ORIGINAIS...</b>	<b>275</b>
<b>APÊNDICE G1 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 1 .....</b>	<b>275</b>
<b>APÊNDICE G2 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 1 .....</b>	<b>275</b>
<b>APÊNDICE G3 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 1 .....</b>	<b>276</b>
<b>APÊNDICE G4 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 2 .....</b>	<b>276</b>
<b>APÊNDICE G5 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 2 .....</b>	<b>277</b>
<b>APÊNDICE G6 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 2 .....</b>	<b>278</b>
<b>APÊNDICE G7 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 2 .....</b>	<b>279</b>
<b>APÊNDICE G8 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 3 .....</b>	<b>280</b>
<b>APÊNDICE G9 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 3 .....</b>	<b>280</b>
<b>APÊNDICE G10 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 3 .....</b>	<b>281</b>
<b>APÊNDICE G11 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 3 .....</b>	<b>281</b>
<b>APÊNDICE G12 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 4 .....</b>	<b>282</b>
<b>APÊNDICE G14 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 4 .....</b>	<b>283</b>
<b>APÊNDICE G15 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 4 .....</b>	<b>283</b>
<b>APÊNDICE G16 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 5 .....</b>	<b>284</b>
<b>APÊNDICE G17 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 5 .....</b>	<b>284</b>
<b>APÊNDICE G18 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 5 .....</b>	<b>285</b>
<b>APÊNDICE G19 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 5 .....</b>	<b>285</b>
<b>APÊNDICE G20 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 6 .....</b>	<b>286</b>

APÊNDICE G21 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 6 .....	286
APÊNDICE G22 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 6 .....	287
APÊNDICE G23 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 6 .....	287
APÊNDICE G24 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 7 .....	288
APÊNDICE G25 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 7 .....	288
APÊNDICE G26 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 7 .....	289
APÊNDICE G27 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 7 .....	289

## INTRODUÇÃO

O campo de pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática (ECM) como área de avaliação dos programas de pós-graduação (PPG) no Brasil, foi criada no ano de 2000 pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (CAPES, 2017). Esta área de avaliação surge devido à necessidade de se adequar ao novo movimento de pesquisas que emergiram no Brasil e que divergiam das abordagens epistemológicas de outras áreas de avaliação próximas, como a área de Educação, na qual, inicialmente era enquadrado.

Os diversos pesquisadores desse campo de pesquisa vêm, nos últimos anos, intensificando a discussão sobre o ensino de Ciências no Brasil (CAPES, 2017). Na visão de Silva, Montanha e Siqueira (2020), o que motiva essas investigações é o baixo desempenho dos estudantes no processo escolar. De acordo com Moreira (2018) embora tenha grandes professores pesquisadores e produtores de recursos instrucionais, o ensino de Física no Brasil está em crise.

A partir desses estudos dedicados a investigar o ensino de Ciências, surgem questionamentos sobre os desafios do processo de ensino e aprendizagem atual (SILVA; MONTANHA; SIQUEIRA, 2020). Trabalhos como os de Sasseron e Machado (2017), e Silva, Montanha e Siqueira (2020), apontam que o ensino de Ciências e, particularmente, o ensino de Física, vem sendo trabalhado de forma essencialmente mecânica, pautada na transmissão de informações e na “mera memorização” de fórmulas, descrições, enunciados e leis.

Buscando amenizar essa situação, Milani e Arthury (2019) afirmam que desde a década de 1970, a pesquisa em Ensino de Ciências vem se dedicando a diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes, de diversos conceitos científicos, e quais os impactos de tais concepções no processo de ensino e aprendizagem. Dialogando com as pesquisas, Moreira (2006) reitera que o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais exerce influência na aprendizagem.

Entre as teorias cognitivistas que levam em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, destacamos a teoria do psicólogo David Ausubel. Esse autor, segundo Ostermann e Cavalcanti (2011), faz parte desta corrente por enfatizar que a

pessoa atribui significado à realidade em que se encontra. Moreira (2012) afirma que a teoria da aprendizagem Ausubeliana, explica que uma nova informação interage na estrutura cognitiva do sujeito, não com qualquer conhecimento prévio, mas sim com conceitos prévios especificamente relevantes. Ausubel enxerga esse processo de “armazenamento” como sendo altamente organizado, formando uma espécie de hierarquia conceitual, na qual, elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivos (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Essa estratégia de ensino partindo da valorização do conhecimento prévio do estudante motivou muitas pesquisas (MILANI; ARTHURY, 2019), incluindo esta dissertação. O estudante de mestrado responsável por essa dissertação, ainda na graduação em Licenciatura em Física, teve a oportunidade de participar de estudos e discussões, bem como introduzir-se em pesquisas sobre essa temática, durante sua participação no Programa de Residência Pedagógica (PRP).

Com o objetivo de contribuir com os estudos de Ausubel, Moreira (2011a) faz uma transposição da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) para a sala de aula, elaborando as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) baseadas principalmente na TAS. As UEPS tornam-se uma estratégia relevante para proporcionar um ambiente favorável à aprendizagem significativa, pois são construídas levando em consideração processos cognitivos fundamentais para teoria de Ausubel, como: (I) ensinar a partir do que o aluno já sabe; (II) apresentar aos estudantes primeiro os conceitos mais gerais e inclusivos e diferenciá-los progressivamente ao longo do processo de ensino e aprendizagem e (III) buscar semelhanças e diferenças entre os conceitos, visando a simplificação e reorganização das ideias (AUSUBEL, 2003; MASINI; MOREIRA, 2017; MOREIRA, 2017).

Além disso, Moreira (2005, 2010) argumenta que na sociedade atual aprender de forma significativa não é o suficiente, pois os estudantes precisam ser críticos na sua aprendizagem. O autor ainda argumenta que para aprender de forma crítica, é necessário atribuir significado ao que se está aprendendo. Dessa forma, a UEPS também leva em conta alguns princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica, como: promover a possibilidade do estudante aprender consertando seus erros; além da interação social para os processos de colaboração da aprendizagem; bem como a não utilização do

quadro e giz e o abandono da narrativa pelo docente, estimulando a promoção de novas estratégias de ensino e a utilização de materiais didáticos diversificados (MOREIRA, 2010, 2011a).

Com base nos desafios atuais do ensino não só de Ciências mas também de toda Educação brasileira, o Ministério da Educação (MEC) apresentou, em 2015, uma formulação curricular propondo uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que teve sua versão final aprovada em 2017 (ALBINO; SILVA, 2019). A BNCC se apresenta como sendo “um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais” (BRASIL, 2018, p. 7). Ao propor as orientações para o processo formativo, a BNCC, define como foco o desenvolvimento de competências e habilidades.

A BNCC define as competências como um conjunto de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores essenciais para o desenvolvimento do educando para o exercício da cidadania e o mundo do trabalho, de forma a resolver demandas complexas do seu cotidiano (BRASIL, 2018).

Dentre as inúmeras habilidades apresentadas nesse documento formativo, destacamos as habilidades relacionadas aos fenômenos acústicos presentes desde o Ensino Fundamental ao Ensino Médio, conforme ilustrado na Unidade Temática: Matéria e Energia do ensino de Ciências nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: “(EF03CI01) Produzir diferentes sons a partir da vibração de variados objetos e identificar variáveis que influem nesse fenômeno” (BRASIL, 2018, p.337). Além das habilidades presentes na Competência Específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio: “(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais” (BRASIL, 2018, p.560).

Embora seja mais perceptível enxergar os fenômenos sonoros nas habilidades para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental, a habilidade destacada para o Ensino Médio também engloba essa temática, uma vez que os equipamentos eletrônicos permitem a emissão de sons. Essa falta de clareza das habilidades para o Ensino Médio reflete o relato de resistência, conforme Aguiar (2018), pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) no

qual afirma que a BNCC não representa a visão de Base Comum Nacional defendida pelo movimento nacional de educadores.

Os fenômenos sonoros fazem parte do campo da acústica, este campo é responsável por estudar e discutir conceitos e fenômenos que envolvem as características da onda sonora, sua propagação e recepção, fazendo parte de outro ramo mais geral da Física, a ondulatória (MOURA; BERNARDES NETO, 2011). Os conceitos da acústica estão ligados fortemente com o cotidiano dos estudantes como apontado por Steffani et al. (2014, p.2): “Em toda e qualquer turma de alunos há alguém que se interessa por música, toca algum instrumento, ou tem um instrumento musical em casa”. Dialogando com os autores, Conceição et al. (2009) afirmam que existe uma relação muito grande entre a Física e Música, onde o docente pode explorá-la para discutir conceitos físicos como frequência, amplitude, intensidade e timbre por meio do uso de exemplos oriundos do universo musical.

Contudo, o ensino dos fenômenos acústicos impõe alguns obstáculos para a aprendizagem, visto que as ondas sonoras são invisíveis e exigem um modelo mental para a explicação dos fenômenos que muitas vezes dificulta a interpretação dos discentes (FERREIRA; ROCHA; SILVA FILHO, 2019).

Dialogando com os autores citados, Loureiro e Paula (2006) argumentam que o timbre, entre as qualidades do som, é a que possui maior complexidade para a aprendizagem, pois esse conceito não está associado apenas com uma característica física, mas é o resultado de um fenômeno ondulatório, a superposição de ondas sonoras com frequências diferentes.

As dificuldades na aprendizagem com a abstração, em especial no conceito de timbre do som, não se restringem apenas à natureza do conceito. Em sua pesquisa, Monteiro Júnior e Carvalho (2011), também destacam uma forte abstração nos livros didáticos, uma vez que muitos manuais não se preocupam em contextualizar esses conceitos com exemplos mais próximos das vivências dos estudantes.

Além disso, os conceitos são apresentados de forma superficial dando ênfase nos aspectos físicos, negligenciando aspectos históricos entre a ciência e a música que poderiam servir de base para uma abordagem mais interdisciplinar. Como também, os livros apresentam muitas ilustrações, contudo ao invés de auxiliarem na clareza dos

textos, servem como um adorno com o objetivo de deixar o contexto mais atraente e colorido (MONTEIRO JÚNIOR; CARVALHO, 2011). Por esta razão, o conceito de timbre do som nos pareceu ser um conceito pertinente para explorar na construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, visando a promoção de uma aprendizagem significativa crítica dos estudantes.

Diante do contexto apresentado, buscamos nesta dissertação responder a seguinte questão de pesquisa: “Quais as contribuições e limitações de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica sobre o conceito de timbre do som?”

Assim, por meio dessa questão de pesquisa emerge o seguinte objetivo geral:

Investigar as contribuições e limitações de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica, no que tange o ensino do conceito de timbre do som.

A partir desse objetivo geral, norteamos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados com o conceito de timbre do som;
- Analisar a elaboração dos processos cognitivos da diferenciação progressiva e a reconciliação integradora para uma aprendizagem significativa;
- Verificar possíveis contribuições e limitações do processo de aplicação da UEPS para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica.

De forma a discorrer sobre o tema, esta dissertação é estruturada em cinco capítulos, descrita com a seguinte organização. No Capítulo 1 é apresentado o quadro teórico que fundamenta a construção das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. No Capítulo 2 temos a apresentação dos conceitos necessários para a definição do conceito de timbre do som. No Capítulo 3 descrevemos o caminho metodológico percorrido por essa pesquisa. No Capítulo 4 é apresentado os resultados da pesquisa e a análise realizada. No Capítulo 5 temos as considerações realizadas a partir da discussão dos dados.

## **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O nosso quadro teórico é composto inicialmente pela (I) teoria da aprendizagem significativa (TAS), bem como (II) a relação entre a teoria da aprendizagem significativa e os mapas conceituais, além da (III) teoria da aprendizagem significativa crítica (TASC), os (IV) fundamentos das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas e a (V) revisão sistemática da literatura sobre as contribuições e limitações das UEPS para o ensino de Física.

### **1.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)**

Diferente de como algumas pessoas entendem e apresentam, a aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem “relevante” ou “importante”, mas é o produto de uma aprendizagem no qual novos conhecimentos são adquiridos com significado, criticidade, possibilitando ao estudante ter a capacidade de explicar, argumentar e aplicar esses novos conhecimentos na resolução de situações-problema, inclusive situações novas em que o estudante ainda não tenha tido contato (MASINI; MOREIRA, 2017).

Esclarecido o sentido do termo “significativo”, temos que Ausubel apresenta a aprendizagem significativa como sendo uma aprendizagem, por meio da qual, uma nova informação se relaciona, de maneira não-arbitrária e substantiva (não-literal) com conhecimentos prévios, especificamente relevantes, já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2012).

Esse processo de não arbitrariedade apresentado por Ausubel significa que uma nova informação não vai se relacionar com qualquer conhecimento prévio, mas com conhecimentos prévios especificamente relevantes para aquela aprendizagem. Como também essa interação ocorre de maneira substantiva ou não-literal. Esses termos significam que o que são incorporados na estrutura cognitiva do estudante não são as palavras precisas que o professor ou o material usou para descrever os conceitos, mas a substância do conhecimento, ou seja, aprender é atribuir significado (MOREIRA, 2011b).

Dialogando com autores citados, Ostermann e Cavalcanti (2011) explicam que esses conhecimentos prévios especificamente relevantes são chamados por Ausubel de “subsunçores”. O subsunçor pode ser uma ideia, um conceito, ou uma proposição já

existente na estrutura cognitiva do indivíduo, capaz de servir como uma “âncora” para uma nova informação, de modo que ela adquira significado para o sujeito.

Segundo Masini e Moreira (2017), a metáfora da âncora usada para explicar a relação entre o conhecimento prévio e a nova informação é boa, contudo, é errado pensar que esses elementos (subsunçor e nova informação) não se modificam durante esse processo. Durante a interação, caracterizada por ser não-arbitrária e substancial, o novo conhecimento ganha significado para o sujeito enquanto que o subsunçor adquire novos significados, ficando mais estável, mais diferenciado, podendo servir de ancoradouro cognitivo para novas aprendizagens (MOREIRA, 2017).

Moreira (2012, p. 2-3) ilustra esse processo por meio de um exemplo na área de Física:

[...] para um aluno que já conhece a Lei da Conservação da Energia aplicada à energia mecânica, resolver problemas onde há transformação de energia potencial em cinética e vice-versa apenas corrobora o conhecimento prévio dando-lhe mais estabilidade cognitiva e talvez maior clareza. Mas se a Primeira Lei da Termodinâmica lhe for apresentada (não importa se em uma aula, em um livro ou em um moderno aplicativo) como a Lei da Conservação da Energia aplicada a fenômenos térmicos ele ou ela dará significado a essa nova lei na medida em que “acionar” o subsunçor Conservação da Energia, mas este ficará mais rico, mais elaborado, terá novos significados pois a Conservação da Energia aplicar-se-á não só ao campo conceitual da Mecânica mas também ao da Termodinâmica.

O exemplo ilustra que o processo de atribuição de significado entre as novas informações e os subsunçores é dinâmico, onde tanto a nova informação quanto o subsunçor se modificam. O conceito da lei da conservação aplicada à energia mecânica, no exemplo citado, é o subsunçor que interage com o novo conhecimento, lei da conservação da energia aplicada a fenômenos térmicos. Ao final da interação, a lei da conservação da energia aplicada a fenômenos térmicos ganha significado quando o sujeito “aciona” o subsunçor conservação da energia mecânica enquanto que o subsunçor fica mais rico em significado, uma vez que, agora, além da lei de conservação ser aplicada a área da mecânica também se aplica a área da termodinâmica.

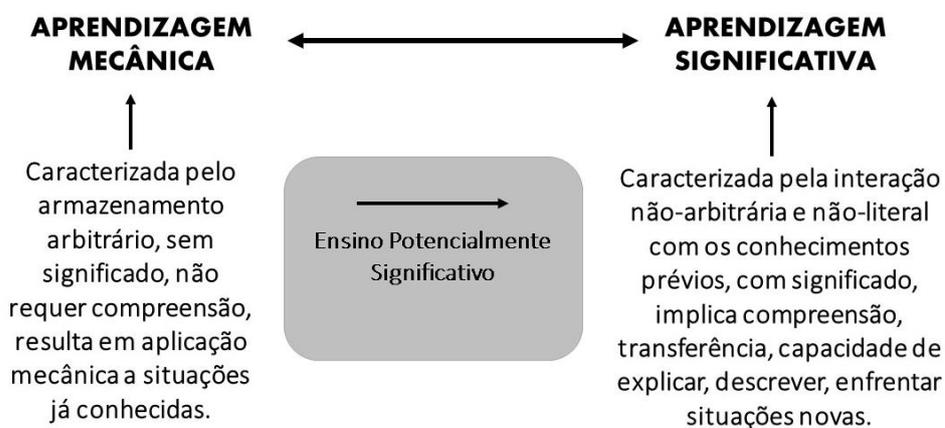
Por essa razão, Ausubel (2003) defende que de todos os fatores que podem influenciar na aprendizagem, o mais importante é o que o estudante já sabe. O docente deve identificar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos estudantes e ensinar os novos conceitos a partir deles. Contudo, também se faz necessário esclarecer, segundo Moreira (2011b), que nem sempre o conhecimento prévio é uma variável facilitadora para

a aprendizagem de novos conhecimentos, normalmente sim, mas existem casos em que ele pode ser um bloqueador.

Partindo de um exemplo na área de acústica, o conceito de timbre do som é o resultado de um fenômeno ondulatório, a superposição de ondas com frequências diferentes, mas de forma macroscópica esse fenômeno é percebido também pela particularidade de cada instrumento musical. Dessa forma, a mesma nota tocada em um violão quando tocada por um violino vai apresentar sons diferentes. Os estudantes podem ficar tão presos às características macroscópicas desse fenômeno e não compreenderem o real significado para a matéria de ensino. Logo, se faz necessário que durante o processo de ensino e aprendizagem o docente possa promover situações em que o aluno possa “superar” o significado desse conhecimento prévio e atribuir significado de forma coerente com o conceito científico.

Outra característica do processo de ensino e aprendizagem, segundo Moreira (2011b), é que o sujeito não só aprende de forma significativa, de modo, a adquirir significado. Este tipo de aprendizagem marcada pela memorização de conceitos é chamado por Ausubel (2003) de aprendizagem mecânica. Essa aprendizagem é caracterizada pelo resultado da interação entre os subsunçores e o novo conhecimento de forma arbitrária e literal, resultando numa aprendizagem que não possui significado, mas que prevalece a memorização (MOREIRA, 2012). A seguir trazemos na Figura 1 um esquema que apresenta as principais características dos dois tipos de aprendizagem.

**Figura 1:** Aprendizagem significativa e mecânica



Fonte: Adaptado de Moreira (2017)

O esquema acima não só mostra as principais características presentes nos dois tipos de aprendizagem, mas também a relação que existem entre as duas. A aprendizagem significativa e a mecânica não são dois extremos, pois no processo de ensino a aprendizagem significativa não é tão compreensiva como está representada aqui, nem a aprendizagem mecânica é tão “inútil”, porque não formam uma dicotomia, ou seja, não é que a aprendizagem é só significativa ou só mecânica, mas existe uma zona intermediária. Esse meio termo está representado na zona cinza no esquema, e é nessa intermediação que o aluno está aprendendo e o professor ensinando (MOREIRA, 2011b). Portanto, a aprendizagem significativa é progressiva, pois a construção de subsunçores envolve o processo de negociação de significados, primeiramente, entre o aluno e o conteúdo, e depois entre o aluno e o professor (MOREIRA, 2012).

Até agora discutimos o papel dos subsunçores para a aprendizagem significativa. Contudo, apenas o fato do aluno apresentar conhecimentos prévios para um novo conhecimento não é a única condição para que ele tenha uma aprendizagem significativa.

### **1.1.1 Condições para a aprendizagem significativa**

Moreira (2012, p. 8) apresenta duas condições essenciais para a aprendizagem significativa, além daquilo que o aluno já sabe:

[...] 1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e 2) que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não literal.

Ainda segundo Moreira (2012), a primeira condição está relacionada ao fato do material apresentado ao estudante ser potencialmente significativo. Para que esse material seja considerado potencialmente significativo deve apresentar duas características. A primeira característica é que a natureza do material tenha significado lógico e, a segunda, que o material permita ao estudante relacionar os novos conhecimentos de forma não-arbitrária e não-literal com seus conhecimentos prévios. Sobre a primeira característica, Moreira (2016) cita que a forma como os conteúdos da escola são organizados são, quase por definição, logicamente significativa e que raramente não apresentam significado lógico. Já para corresponder à segunda característica, o material apresentado deve levar

em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes durante sua fase de planejamento.

De forma análoga, Moreira (2012) descreve que a segunda condição diz respeito à predisposição do estudante em aprender. O autor argumenta que essa condição não se trata do aluno estar motivado ou não, ou até mesmo estar encantado com a disciplina, mas sim querer relacionar as novas informações de forma não-arbitrária e substancial com seus conhecimentos prévios. Pois se o objetivo do estudante for memorizar, “decorar” esses novos conceitos, o resultado da aprendizagem não será significativo. Aqui está uma condição que todo professor já conhece, “se o estudante não quiser, ele não vai aprender”.

O autor ainda enfatiza que na primeira condição, o material só pode ser considerado potencialmente significativo, e não significativo, porque não existe aula significativa, nem livro significativo, nem problema significativo, porque quem atribui significado são as pessoas e não os materiais.

Segundo Moreira (2016), essas condições para a aprendizagem significativa são recíprocas, independentemente do quanto o aluno estiver disposto a aprender. Se o material não permitir que o estudante relacione seus conhecimentos de forma não-arbitrária e não-literal, o produto dessa interação não resultará na aprendizagem significativa. Do mesmo modo, independentemente do quanto for potencialmente significativo o material, se o estudante simplesmente quiser “decorar” as informações, terá como resultado a memorização dos conceitos ou o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica.

Muito já foi discutido sobre a importância e o impacto do conhecimento prévio para a aprendizagem de novos conceitos. Todavia, quando não são identificados pelo professor conhecimentos prévios relevantes para novas aprendizagens, é necessário que o docente busque estratégias para assegurar um processo que possa levar os estudantes a uma aprendizagem significativa.

### **1.1.2 Organizadores prévios**

Ausubel (2003) sugere o uso dos organizadores prévios nos casos em que o estudante não apresenta subsunçores ou quando os subsunçores identificados não são

adequados ao novo conhecimento. Moreira (2012) explica os organizadores prévios como sendo:

[...] um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas **a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este** (2012, p. 11, grifo do autor).

Como esclarecido por Moreira (2012), não existe uma definição fechada do que seja, necessariamente, um organizador prévio, a única condição necessária é que seja mais geral e inclusivo do que o material que será apresentado posteriormente. Na visão clássica de Ausubel, a principal função dos organizadores prévios é servir de pontes cognitivas entre o que o aluno já sabe e o que ele deveria saber antes de ser apresentado o novo conhecimento. O organizador prévio exerce o papel de mediador, ativando memórias; fazendo a alteração das ideias preexistentes; destacando conceitos; conhecimentos prévios que o aluno tenha e que poderão ser usados para ancorar as novas informações (RIBEIRO; SILVA; KOSCIANSKI, 2012).

Buscando investigar a real eficácia dos organizadores prévios, décadas atrás muitas pesquisas como a de Luiten *et al.* (1978 apud Moreira, 2012) compararam o ensino utilizando os organizadores prévios e o ensino sem os organizadores. As considerações apontam que o ensino utilizando esse recurso instrucional apresenta impacto na aprendizagem, mas é pequeno. Os autores recomendam que o melhor a se fazer é promover a construção desses subsunçores antes de prosseguir com o processo de ensino e aprendizagem. Segundo Masini e Moreira (2017), esses resultados podem ser justificados pelo fato de que dificilmente um recurso instrucional poderia substituir um conhecimento prévio adequado para a aprendizagem de um determinado conceito.

Contudo, existe outra situação na qual os organizadores prévios podem ajudar bastante. Muitos estudantes apresentam subsunçores adequados, mas não conseguem relacionar e distinguir as diferenças entre seus conhecimentos prévios e os novos. Nessa situação, os organizadores prévios podem auxiliar os estudantes, mostrando como esses novos conhecimentos se relacionam e se diferenciam dos subsunçores (MASINI; MOREIRA, 2017; MOREIRA, 2011b, 2012, 2017).

Assim, os organizadores prévios podem auxiliar o processo de aprendizagem significativa, não fazendo o papel de um subsunçor, mas auxiliando os estudantes a perceberem as diferenças entre seus subsunçores e as novas informações, de modo a proporcionar a interação deles de forma não-arbitrária e substancial (MASINI; MOREIRA, 2017; MOREIRA, 2011b, 2012, 2017).

Agora que esclarecemos a relação que existe entre os subsunçores e os novos conhecimentos para a TAS, vamos nos deter um pouco na visão de Ausubel sobre a estrutura cognitiva.

### **1.1.3 Estrutura cognitiva e princípios facilitadores da aprendizagem significativa**

Na visão de Ausubel, a estrutura cognitiva é o conjunto complexo de subsunçores organizados de forma hierárquica onde os elementos específicos de conhecimentos estão ligados a conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivos (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Esse conjunto hierárquico de conhecimentos não está organizado de forma fixa e imutável em nossa estrutura cognitiva, mas sim, de forma dinâmica onde a “localização” desses subsunçores podem mudar a partir de sucessivas aprendizagens significativas. Portanto, um conhecimento que ocupava uma determinada posição poderá ocupar outra posição, inclusive de pouca importância, em outro conjunto hierárquico de outro campo de conhecimento (MASINI; MOREIRA, 2017).

A estrutura cognitiva é caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Esses dois processos cognitivos acontecem simultaneamente, provocando a reorganização dos subsunçores no conjunto hierárquico dos conceitos (MOREIRA, 2012).

O princípio da diferenciação progressiva é caracterizado pela organização hierárquica da estrutura cognitiva. Contudo, a forma como essa estrutura está organizada não é rígida, de modo que conceitos, proposições mais gerais e inclusivos estão “localizados” no topo da hierarquia, ligados a outros conhecimentos mais específicos. Já o princípio da reconciliação integrativa é caracterizado pela identificação de semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais presentes na

estrutura cognitiva, com o objetivo de promover a simplificação e a reorganização, se necessário, sempre buscando o equilíbrio cognitivo (MOREIRA, 2017).

Portanto, para Ausubel (2003), os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora atuam como princípios facilitadores da aprendizagem significativa. O autor sugere que o conteúdo programado deve seguir o processo de diferenciação progressiva, onde estrategicamente são apresentados primeiro aos estudantes os conceitos mais gerais e inclusivos e diferenciá-los de forma progressiva ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Como também deve seguir o processo de reconciliação integradora que consiste em explorar a relação entre os conceitos, buscando semelhanças e diferenças com o objetivo de promover a simplificação e a reorganização das ideias.

Além disso, a aprendizagem significativa apresenta outros dois princípios facilitadores: a organização sequencial e a consolidação. O primeiro está relacionado em tirar vantagem das dependências sequenciais naturais existentes na matéria de ensino, ou seja, para aprender determinados conceitos se faz necessário ter conhecimento de outros. Ausubel (2003) afirma que a matéria deve ser organizada seguindo essa relação, pois fica mais fácil para o aluno organizar seus subsunçores, hierarquicamente, de modo que certos tópicos dependam naturalmente daqueles que os antecedem. Já o princípio da consolidação tem a ver com a construção de conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos, uma vez que não for possível identificar conhecimentos prévios adequados, como explicitado anteriormente (MOREIRA, 2012).

Após esclarecer elementos principais da teoria da aprendizagem significativa está na hora de apresentar a visão da teoria sobre processo mais complexo do universo escolar, a avaliação.

#### **1.1.4 Avaliação da aprendizagem Significativa**

Como dito anteriormente, a aprendizagem significativa é progressiva, dependente de muitos fatores como: a existência de subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz; a predisposição para relacionar os novos conceitos de forma não-arbitrária e substancial com os subsunçores; os materiais serem potencialmente significativos; a realização dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Portanto, avaliar todos esses fatores apenas com o teste final não faz sentido (MASINI; MOREIRA, 2017).

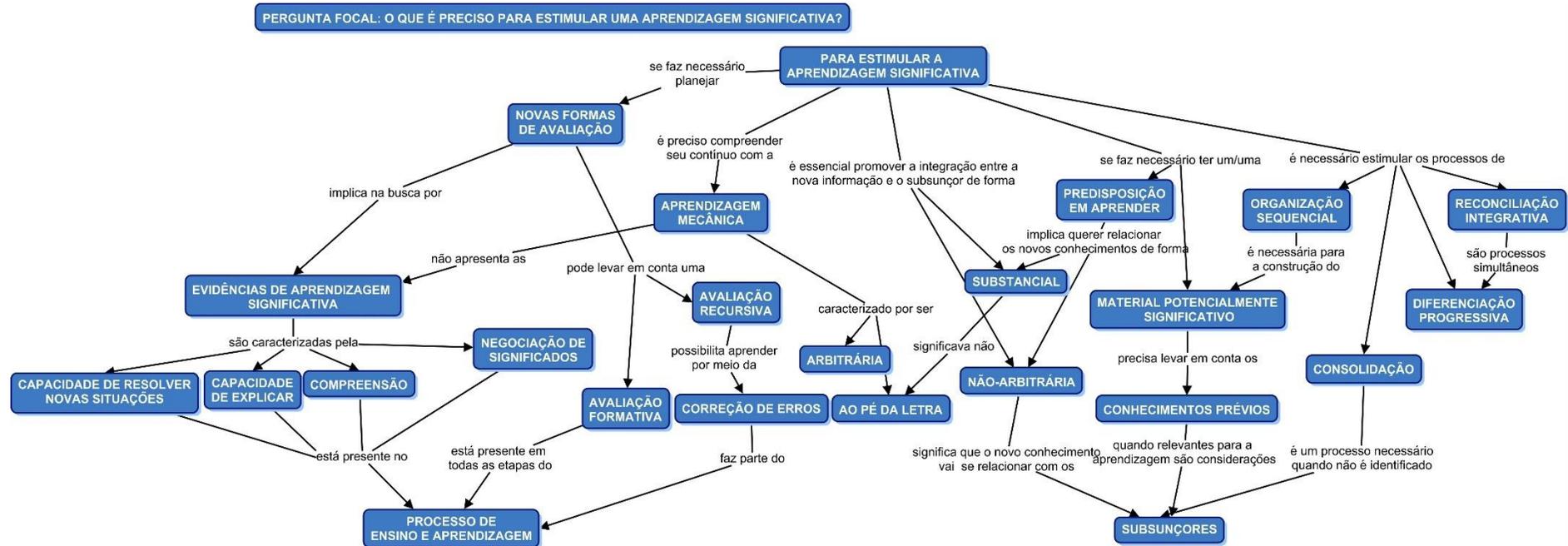
Logo, avaliar a aprendizagem significativa não é tarefa fácil e não existe uma receita. Contudo, fazer uma avaliação do tipo sabe ou não sabe, ao certo ou errado, no sim ou não, é comportamentalista e promove a aprendizagem mecânica, uma vez que o aluno pode simplesmente memorizar as respostas (MOREIRA, 2012).

A avaliação da aprendizagem significativa deve ser formativa e recursiva. Formativa, pois a avaliação deve fazer parte de todos os momentos do processo de ensino e aprendizagem. Como também recursiva, onde permite o estudante refazer suas atividades e aprender consertando seus próprios erros (MOREIRA, 2017). Analogamente, Moreira (2012) aponta que em vez de avaliar se a aprendizagem foi significativa ou não, o docente deve buscar evidências de aprendizagem significativas: compreensão, captação de significados (negociação de significado) e a capacidade de transferência do conhecimento em novas situações.

Por fim, destaca-se também que a aprendizagem significativa não é linear, mas sim evolutiva, progressiva, logo concepções alternativas podem coexistir durante o processo de avaliação, visto que o abandono dessas concepções ou a construção de outros, não ocorre de imediato, e sim progressivamente (MOREIRA, 2017).

De forma a resumir as principais ideias da teoria da aprendizagem significativa produziu-se um mapa conceitual com o objeto de responder a seguinte pergunta focal: “o que é preciso para estimular uma aprendizagem significativa?”, apresentado na Figura 2.

**Figura 2:** Mapa conceitual com a pergunta focal: o que é preciso para estimular uma aprendizagem significativa?



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base em Ausubel (2003), Masini e Moreira (2017), Moreira (2011b, 2012, 2016), Ostermann e Cavalcanti (2011), Ribeiro, Silva e Koscianski (2012)

A partir do exposto, a produção de materiais potencialmente significativos pode contar com estratégias e materiais didáticos que podem facilitar um ambiente favorável a atribuição de significado, entre os materiais destacamos a utilização de mapas conceituais para o processo de ensino e aprendizagem.

## 1.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E OS MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais (MCs) são um tipo de organizador gráfico, proposto à luz da aprendizagem significativa por Joseph Novak, em 1972, com o propósito inicial de investigar como as crianças representam seus conhecimentos sobre ciência (NOVAK; CANÃS, 2010).

Esse organizador gráfico é formado por conceitos que são representados, normalmente, por caixinhas seguindo uma hierarquia, no qual existe um conceito mais geral no início e a partir dele vai sendo adicionado conceitos mais específicos, sendo especificados de forma progressiva. Outro elemento do MC são as proposições que são formadas por conceitos, além de um termo de ligação e uma seta, seguindo essa forma: conceito inicial - termo de ligação → conceito final. Esses termos de ligação apresentam o significado que o mapeador possui ao relacionar o conceito inicial e final, já a seta possui a finalidade de mostrar ao leitor o sentido da leitura da proposição (NOVAK; CANÃS, 2010). Além disso, os autores afirmam que um mapa conceitual possui o objetivo de responder uma pergunta focal, dando objetividade no conteúdo apresentado.

Aguiar e Correia (2013) justificam quatro parâmetros para a produção de um bom mapa conceitual: proposições semanticamente claras, pergunta focal como elemento delimitador do conteúdo; organização hierárquica do conjunto de proposições (rede proposicional); e revisões contínuas do MC como forma de representar as mudanças de entendimento do mapeador.

### 1.2.1 Parâmetros para a produção de um bom mapa conceitual

A seguir são descritos os parâmetros para a produção de um bom mapa conceitual de acordo com Aguiar e Correia (2013).

### 1.2.1.1 Clareza semântica

As proposições são características principais do MC e a clareza semântica é um parâmetro fundamental para a sua elaboração. A clareza semântica garante que a proposição (conceito inicial - termo de ligação → conceito final) expresse o sentido real entre os conceitos apresentados. Dessa forma, a falta de clareza semântica impossibilita o leitor compreender o que o mapeador entende sobre o tema (AGUIAR; CORREIA, 2013), como ilustrado na Figura 3.

**Figura 3:** Exemplos de estruturas não proposicionais e proposicionais

- (1) Atividade Física – ??? → Saúde**
- (2) Atividade Física – e → Saúde**
- (3) Atividade Física – é prejudicial para → Saúde**
- (4) Atividade Física – não é prejudicial para → Saúde**
- (5) Atividade Física – pode não ser prejudicial para → Saúde**

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Aguiar e Correia (2013)

A partir das proposições acima, apresentamos alguns exemplos de como o termo de ligação afeta o entendimento conceitual. A falta do termo de ligação no exemplo, **Atividade Física – ??? → Saúde**, impede o leitor de identificar a relação entre os conceitos de atividade física e saúde, esse tipo de estrutura de ligação ocorre nos mapas mentais que apenas associam conceitos, sem estruturas proposicionais, ou seja, não formam proposições. Já no exemplo, **Atividade Física – e → Saúde**, a proposição não apresenta verbo, impedindo a real compreensão do sentido entre os conceitos atribuído pelo mapeador, uma vez que existe, simplesmente, uma associação de conceitos.

A proposição do exemplo 3, **Atividade Física – é prejudicial para → Saúde**, apresenta verbo em seu termo de ligação, de modo, a proporcionar a clareza semântica, possibilitando ao leitor a compreensão do sentido atribuído pelo mapeador. A presença de clareza semântica também possibilita a identificação de erros conceituais (AGUIAR; CORREIA, 2013), como é o caso do exemplo. A proposição do exemplo 4, **Atividade Física – não é prejudicial para → Saúde**, apresenta o caso de quando a proposição possui clareza semântica e está conceitualmente correta. Destaca-se também que apenas

uma palavra pode mudar todo o sentido da proposição. Por fim, temos o caso de quando o mapeador apresenta incerteza, como ilustrado no exemplo 5, **Atividade Física – pode não ser prejudicial para → Saúde**, implicando numa compreensão parcial do conceito descrito.

Dessa forma, as proposições são classificadas em três tipos: proposições limitadas, proposições inapropriadas e proposições apropriadas (AGUIAR; CORREIA, 2013; CONCEIÇÃO, CORREIA, 2020).

As **proposições limitadas** são proposições que não possuem clareza semântica, impedindo o leitor compreender a relação entre os conceitos, propostos pelo mapeador, como ilustrado nos exemplos: “Atividade Física – e → Saúde”; “Atividade Física – juntamente com → Saúde”; “Atividade Física – que proporciona → Saúde” e “Atividade Física → Saúde”.

As **proposições inapropriadas** são proposições que apresentam clareza semântica, mas que estão conceitualmente incorretas, como ilustrado nos exemplos: “Atividade Física – não melhora a → Saúde”, “Atividade Física – não proporciona benefícios para a → Saúde” e “Atividade Física – não é indicada para melhorar a → Saúde”.

As **proposições apropriadas** são proposições que apresentam clareza semântica e estão conceitualmente corretas, como ilustrado nos exemplos: “Atividade Física – proporciona benefícios para a → Saúde” e “Atividade Física – é indicada por profissionais especializados para a melhora da → Saúde”.

#### 1.2.1.2 Pergunta focal

O estudante durante a construção de um mapa conceitual pode correr o risco de colocar conceitos que não sejam relevantes, de acordo com o professor. Dessa forma, a pergunta focal é uma estratégia de delimitar o tema do MC, ou seja, é uma forma de restringir os conceitos que serão adicionados na elaboração do mapa conceitual, servindo como um parâmetro de referência para a seleção de conceitos e proposições (AGUIAR; CORREIA, 2013; CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020).

Ainda segundo os autores, a pergunta focal também serve como um parâmetro para a avaliação dos mapas conceituais, uma vez que o professor ou o sujeito que vai

avaliar possui uma referência e consegue identificar os conceitos e proposições que não são relevantes para responder à pergunta focal. Além disso, temos que cada mapa conceitual responde uma pergunta focal, desta forma, um mapa conceitual construído para responder à pergunta focal, “*Quais os benefícios da prática de atividade física para a saúde?*”, não terá conceitos e proposições relevantes para responder à pergunta focal “*Quais são os melhores exercícios para o treino de hipertrofia muscular*”, mesmo que os mapas pertençam a um mesmo tema geral, no exemplo, saúde.

#### 1.2.1.3 Organização hierárquica dos conceitos

Segundo Conceição e Correia (2020), a compreensão do conteúdo apresentado por um mapa conceitual é facilitada quando sua organização contempla uma hierárquica, na qual conceitos mais gerais são apresentados primeiro e são especificados de forma progressiva. Dessa forma, os mapas conceituais apresentam uma idiosincrasia, ou seja, cada pessoa apresenta para o mesmo conjunto de proposições uma organização hierárquica diferente. Essa organização é revelada a partir dos processos da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora (AGUIAR; CORREIA, 2013).

#### 1.2.1.4 Revisões contínuas

As revisões contínuas possibilitam ao mapeador reler as proposições e refletir sobre elementos que podem ser alterados, uma vez que a aprendizagem é um processo permanente e contínuo, implicando que o processo de construção do mapa conceitual é dinâmico e nunca está finalizado totalmente (AGUIAR; CORREIA, 2013). Além disso, Cicuto e Correia (2013) argumentam que esse processo de revisão contínua rompe com o paradigma de que só existe uma resposta certa, além de proporcionar a utilização dos erros para guiar as próximas etapas de planejamento pelo professor na sala de aula.

Com base nos parâmetros para a elaboração de um bom mapa conceitual, podemos identificar as LIPHS - Estruturas Hierárquicas Inapropriadas ou Limitadas presentes no MC.

### **1.2.2 Estruturas Hierárquicas Inapropriadas ou Limitadas (LIPHS)**

As estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas são proposições que apresentam concepções alternativas de compreensão ou até mesmo concepções limitadas pelo contexto em que ocorre, ou seja, é limitado pelo conhecimento prévio do indivíduo

(NOVAK, 2002). Além disso, as LIPhs só podem ser alteradas ou corrigidas a partir de uma aprendizagem significativa, visto que esse processo implica numa aprendizagem profunda, o estudante ao aprender de forma significativa atribui significado aos conceitos alterando sua rede proposicional. Ao contrário da aprendizagem mecânica que resulta numa aprendizagem superficial, na qual a estrutura de conhecimento do indivíduo não é modificada por meio dessa aprendizagem, pois o estudante está apenas memorizando conceitos e não atribuindo significado (CARAVITA; HALLDEN, 1994; NOVAK, 2002).

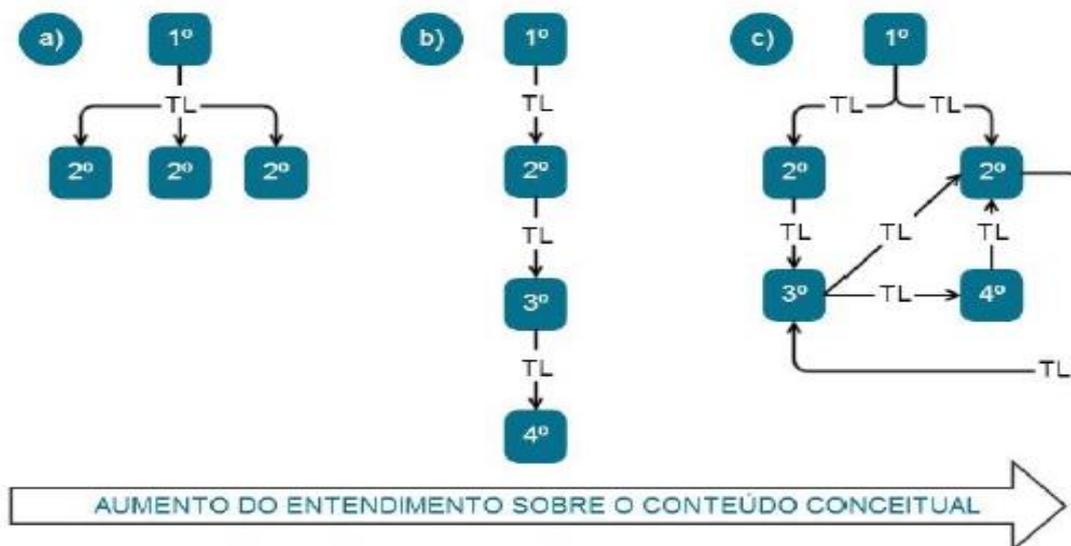
As LIPhs são identificadas no MC em proposições que apresentam falta de clareza semântica e erros conceituais (CICUTO; CORREIA, 2013). Segundo Novak (2002), o professor pode analisar essas concepções alternativas e limitadas para refazer seu planejamento, de modo a trabalhar esses conceitos com os estudantes, de forma a alterar essas concepções por meio de uma aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa e mecânica também pode ser identificada por meio dos mapas conceituais, especificamente, a partir da análise da estrutura proposicional do MC (MENDES; CICUTO; CORREIA, 2013). Além disso, Kinchin, Hay e Adams (2000) argumentam que o tipo de estrutura proposicional do mapa conceitual está ligado com o nível de compreensão de um determinado assunto.

### **1.2.3 Mapas conceituais e estruturas de conhecimento**

Por meio de estudos com alunos de várias idades do ensino básico ao nível superior, foi possível identificar os mesmos três tipos básicos de estruturas proposicionais de mapas conceituais: estrutura radial, linear ou em rede (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Os autores afirmam que a partir dos resultados dessas pesquisas foi possível relacionar o tipo de estrutura proposicional com o nível de entendimento sobre determinado tema em estudo, pelo estudante. A Figura 4 representa os três tipos de estruturas de conhecimento, relacionando com o aumento do entendimento sobre o conteúdo conceitual.

**Figura 4:** Estruturas de conhecimento e nível de compreensão conceitual



Fonte: Retirado de Aguiar e Correia (2013)

Como apresentado na Figura 4, conforme o mapeador apresente um aumento na compreensão do conteúdo conceitual, a estrutura proposicional do mapa conceitual também passa por mudanças. Iniciando com a estrutura radial, representada na Figura 4a, esse tipo de estrutura possui como característica marcante a presença de conceitos ligados diretamente ao conceito geral. Além disso, as proposições formadas não apresentam ligações cruzadas entre os demais conceitos (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). A elaboração de um MC com estrutura radial implica que o mapeador apresenta pouco conhecimento sobre o tema estudado (AGUIAR; CORREIA, 2013; MENDES; CICUTO, CORREIA, 2013).

De acordo com o aumento da compreensão sobre o tema, o mapa conceitual começa a apresentar um encadeamento sequencial de conceitos, dando origem a um MC com estrutura linear (Figura 4b), sem a presença de ligações cruzadas (AGUIAR; CORREIA, 2013; MENDES; CICUTO, CORREIA, 2013). Esse tipo de estrutura sugere que o estudante apresenta uma aprendizagem superficial, sendo capaz de construir novas relações entre os conhecimentos (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Além disso, tanto a estrutura radial quanto a linear sugere que o mapeador optou por uma aprendizagem mecânica, no qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

A partir do aumento do domínio sobre tema, o mapa conceitual rompe com o encadeamento linear de conceitos, apresentando ligações cruzadas (Figura 4c), deixando o mapa conceitual parecido com uma “rede”, (MENDES; CICUTO, CORREA, 2013). A estrutura em rede implica que o mapeador possui um domínio sobre o tema, resultando em uma aprendizagem profunda, mesmo que seja identificadas proposições inapropriadas (AGUIAR; CORREIA, 2013, CORREIA et al., 2016). Por sua vez, esse tipo de estrutura também sugere uma aprendizagem significativa, no qual apresenta como característica a atribuição de significado de forma substancial e não-arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Por fim, temos que Aguiar e Correia (2013) afirma que o aumento da complexidade presente na estrutura proposicional pode ser verificado a partir do número de proposições e níveis hierárquicos presentes nos mapas conceituais, como ilustrado na Figura 4a, no qual a estrutura radial apresenta somente 2 níveis hierárquicos, enquanto as estruturas lineares e em rede possuem 4 níveis hierárquicos cada (Figuras 4b-4c).

A utilização dos mapas conceituais pode trazer muito benefícios para o processo de ensino e aprendizagem (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; NOVAK, 2002; MOREIRA, 2012; AGUIAR; CORREIA, 2013; CORREIA et al., 2016). Dessa forma, os mapas conceituais podem ser construídos não só individualmente, mas também de forma colaborativa, de modo, que os estudantes possam se ajudar na compreensão de novos conteúdos.

#### **1.2.4 Mapas conceituais e o modelo da construção colaborativa do conhecimento**

Primeiramente, se faz necessário explicar o que esta pesquisa define como colaboração, diante de tantas ideias presentes na literatura. Para isso, Dillenbourg (2015) explica a diferença entre trabalho cooperativo e colaborativo. Segundo o autor, um grupo que trabalha de forma cooperativa divide as tarefas em subtarefas, de modo que cada membro individualmente possa realizar sua parte, chegando a um produto final. Essa forma de trabalho resulta no produto final que é uma junção de cada subtarefa, sendo possível até identificar quem realizou cada fragmento do produto final. Diferentemente, o trabalho colaborativo visa o compartilhamento e negociação de significados para a realização da tarefa, de modo que cada uma das etapas do processo seja realizada por todos, sem fragmentação (DILLENBOURG, 2015).

Segundo Correia e Infante-Malachias (2009), a colaboração se torna importante porque permite a troca de conhecimento durante o processo de ensino e aprendizagem. Dessa maneira, os autores afirmam que essa troca de conhecimento pode ser explicada utilizando o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Vygotsky (1978) define a ZDP como a distância entre o nível de desenvolvimento real, sendo interpretado como o conhecimento já compreendido pelo indivíduo, e o nível de desenvolvimento potencial, interpretado como o conhecimento possível de compreensão a partir da interação social. Dessa forma, a ZDP é o intervalo entre o que o indivíduo já sabe e o que ele pode aprender a partir das interações com alguém mais experiente. Logo, as atividades colaborativas exploram a interação entre os membros do grupo, de forma a promover o compartilhamento e a negociação de significados para realizar uma determinada tarefa.

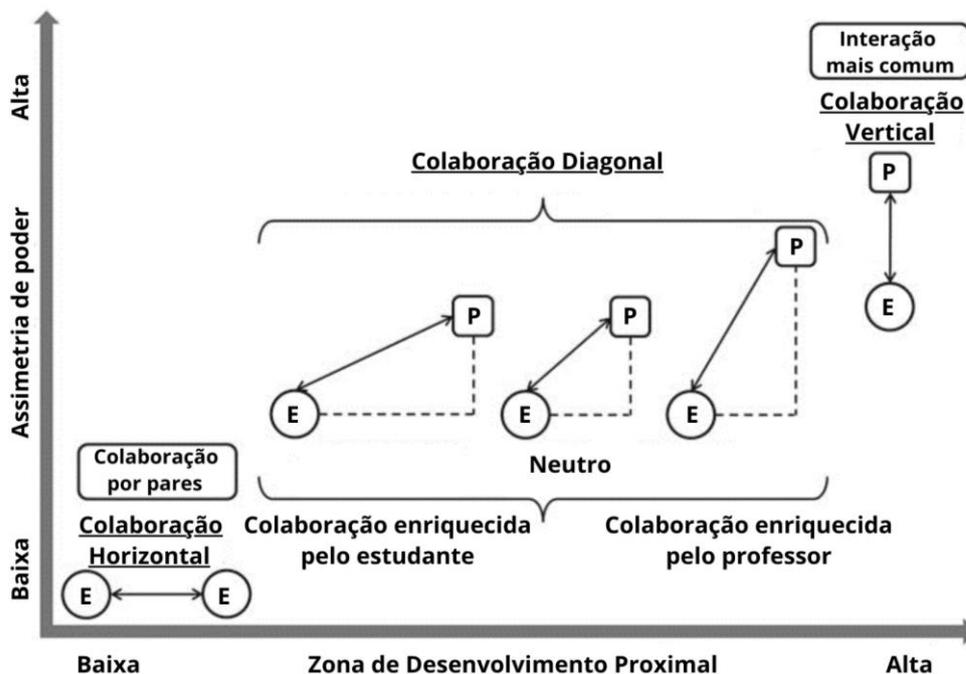
Além disso, Ballego (2020, p. 11-12) afirma que o conceito de ZDP é conveniente para diferenciar as interações que ocorrem entre os estudantes e o professor:

[...] pois os alunos geralmente apresentam o mesmo nível de entendimento sobre o tema e podem se envolver em uma troca ativa de ideias. Essa semelhança geralmente não é observada durante uma interação entre professor e aluno, porque eles apresentam níveis de entendimento bem diferentes sobre o tema em estudo.

Com isso, um estudante que compreendeu o conceito pode ajudar outro, utilizando sua própria forma de explicar, que está mais próxima do nível de compreensão do outro estudante. Já o professor apresenta outra forma de explicar o conceito, apresentando uma linguagem mais profunda, com um nível maior de compreensão.

De acordo com Correia, Cicuto e Aguiar (2013) existem três tipos de interações colaborativas quando se leva em conta a assimetria de poder (diferença do grau de compreensão sobre determinado tema) e a ZDP como variáveis, conforme ilustrado na Figura 5.

**Figura 5:** Tipos de interações colaborativas que podem ocorrer durante o processo de aprendizagem. Legenda: P — professor (quadrados) e E — estudantes (círculos)



Fonte: Adaptado de Correia, Cicuto e Aguiar (2013)

A colaboração vertical é caracterizada pela interação entre o professor e os estudantes, na qual o propósito do professor é transmitir as informações, enquanto que a tarefa dos alunos é receber. Esse tipo de interação explora a alta assimetria de poder e a diferença entre a ZDP do professor e do estudante, ou seja, a diferença entre o nível de compreensão do tema entre o professor e o aluno e a capacidade de realizar atividades com a ajuda de alguém mais experiente (CORREIA; CICUTO; AGUIAR, 2013).

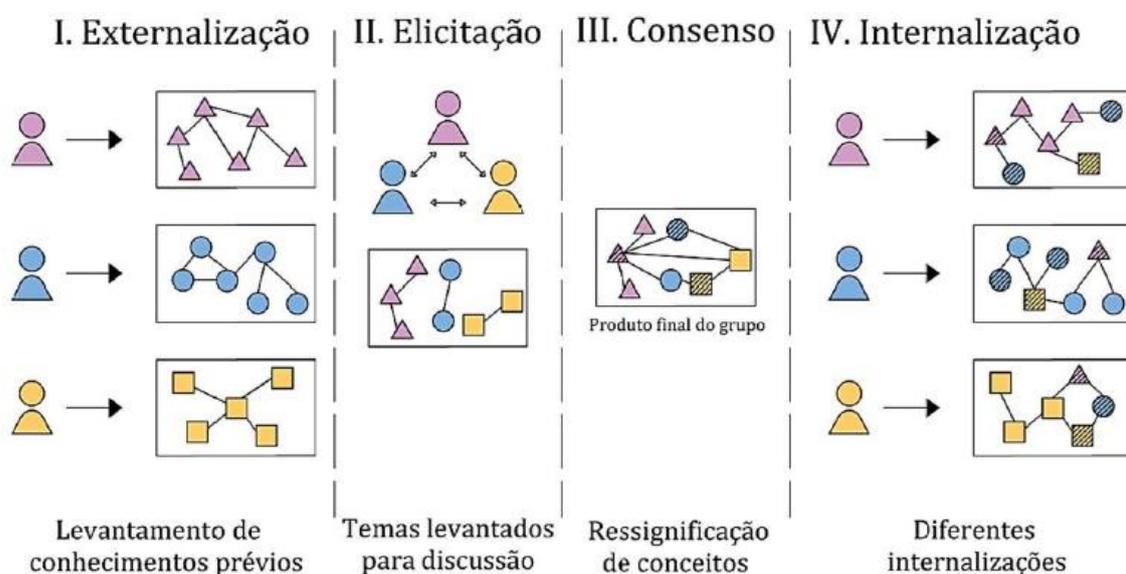
Diferentemente, os autores argumentam que a colaboração horizontal é caracterizada quando os estudantes interagem entre si. De modo que a assimetria de poder é minimizada, pois os alunos estão na mesma ZDP, implicando no mesmo nível de desenvolvimento cognitivo entre os alunos. Com isso, se houver uma troca ativa de ideias a interação irá ocasionar uma melhor aprendizagem, uma vez que os estudantes podem interagir utilizando sua própria linguagem.

Por fim, temos a colaboração diagonal é uma situação híbrida de interações verticais e horizontais. O docente ao planejar suas atividades pode criar situações que possam usufruir de atividades considerando diferentes níveis de participação para o

professor e os estudantes, variando de uma colaboração enriquecida pelo nível de aprofundamento do professor até uma colaboração diagonal enriquecida pela interação entre pares (CORREIA; CICUTO; AGUIAR, 2013).

Entre os modelos que descrevem o processo de colaboração destacamos o modelo da construção colaborativa do conhecimento (do inglês Collaborative Knowledge Construction - CKC) posto inicialmente por Fischer et al. (2002) e aperfeiçoado por Cress e Kimmerle (2008) e Balleto (2020), ilustrado na Figura 6.

**Figura 6:** Etapas do modelo da construção colaborativa do conhecimento



Fonte: Retirado de Balleto (2020)

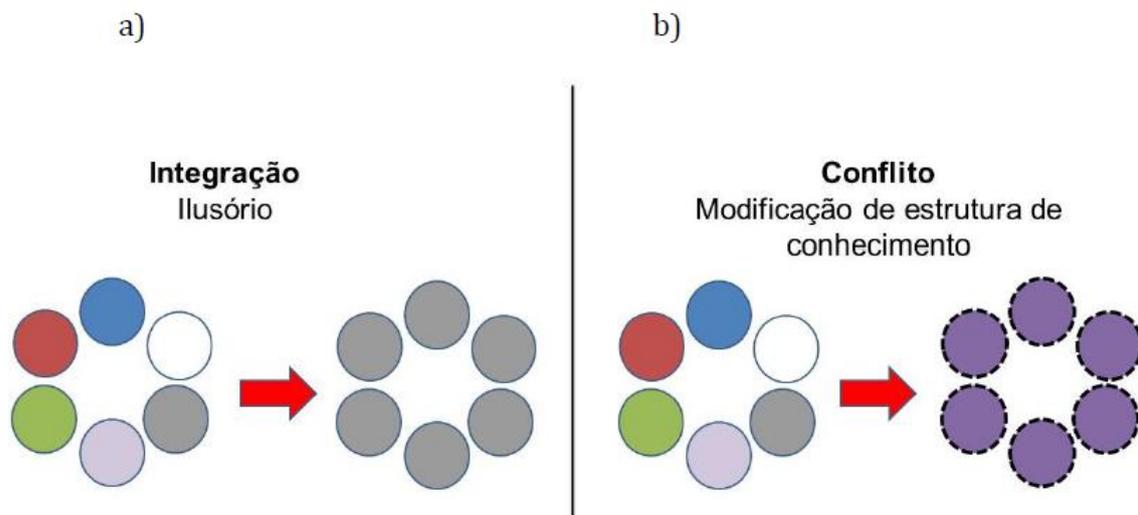
O modelo da construção colaborativa do conhecimento é sustentado por meio de quatro etapas: externalização, elicitação, consenso e internalização. Segundo Fischer et al. (2002), a primeira etapa é da externalização que é caracterizada por uma fase de preparação individual, no qual o objetivo de cada membro é filtrar os conhecimentos prévios mais relevantes sobre um determinado tema. Logo depois vem a fase da elicitação, os membros do grupo vão apresentar e debater os conceitos prévios destacados por cada um, favorecendo a interação a partir do pensamento divergente.

A terceira etapa do processo colaborativo é caracterizada pela busca por consenso. A partir da discussão realizada, levando em conta a divergência de pensamento, os membros do grupo vão tentar entrar em consenso, de forma a convergir as ideias debatidas (FISCHER et al., 2002). O autor argumenta que o objetivo dessa etapa é obter

um produto final que leve em conta a riqueza das discussões, mesclando as contribuições de cada membro do grupo.

Correia, Cicuto e Aguiar (2013) afirmam que essa busca por consenso não é tão fácil, de modo que os autores apresentam que os grupos podem entrar em um consenso por meio de duas formas distintas, denominadas de consenso por integração ou por conflito (FISCHER et al., 2002), como representado na Figura 7.

**Figura 7:** Representação dos processos de consenso ilusório e por conflito



Fonte: Retirado de Balleto (2020)

O consenso por integração ou ilusório é caracterizado quando os estudantes aceitam simplesmente as ideias de um único membro, implicando numa baixa sinergia, ou seja, um baixo esforço coletivo. A Figura 7a ilustra esse processo, representando as ideias divergentes como círculos coloridos que após a discussão, na etapa de elicitação, saem com a mesma cor, ou seja, com a mesma ideia já apresentada por um dos membros (FISCHER et al., 2002). A partir desse tipo de consenso é possível identificar, no produto final, as ideias de cada membro, como se cada um tivesse feito uma parte do produto.

Já o consenso por conflito (Figura 7b) é marcado por um alto esforço coletivo ou uma alta sinergia, no qual os pensamentos divergentes (círculos coloridos) após o debate, na etapa da elicitação, apresentam mudanças profundas, sendo difícil identificar quem apresentou a ideia inicialmente. Esse tipo de consenso apresenta um conhecimento

construído de forma coletiva, no qual diferentes ideias se convergiram em um único pensamento diferente dos anteriores (FISCHER et al., 2002).

Por fim, a última etapa é a fase da internalização, proposta por Balleto (2020) em diálogo com as ideias de Cress e Kimmerle (2008). Segundo os autores, na última etapa, tudo o que foi debatido nas fases anteriores deve passar por um processo de internalização. Outro ponto importante é que o conhecimento é internalizado pelos estudantes de forma diferente, uma vez que a atribuição de significado depende dos conhecimentos prévios.

Contudo, segundo Moreira (2005), a aprendizagem no contexto em que vivemos não basta ter a atribuição de significado, mas também necessita de criticidade. Dessa forma, além de fazer sentido ao estudante, a aprendizagem precisa ser crítica.

### 1.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA (TASC)

Inicialmente, se faz necessário explicitar um ponto. Ao propor a teoria da aprendizagem significativa crítica (TASC), Moreira (2005) não nega as contribuições de Ausubel e sua teoria da aprendizagem, mas sim, apresenta uma continuidade. Da mesma forma, o autor argumenta que não é possível aprender de forma crítica, sem antes atribuir significado ao conceito.

Influenciado pelas ideias de Postman e Weingartner, no seu livro *Teaching as a subversive activity (Ensinar como uma atividade subversiva - tradução nossa)*, Moreira (2005) argumenta que nos tempos atuais a educação ainda promove o ensino de “conceitos fora de foco”. O autor explica que esses conceitos se referem a conhecimentos transmitidos que emana de uma certa “autoridade superior” e que devem ser aceitos sem questionamentos, como por exemplo o conhecimento acumulativo e absoluto.

Buscando uma alternativa para o ensino e bebendo das ideias de Postman e Weingartner, Moreira (2005), apresenta a aprendizagem significativa como atividade “subversiva” ou como autor prefere chamar “crítica”, ou seja, uma atividade em que o estudante aceita os novos conhecimentos apresentados durante o processo de ensino e aprendizagem, mas ele é crítico em relação ao que se está aprendendo, não aceitando como verdade absoluta.

Segundo Moreira (2010, p. 7):

É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo.

O autor ainda escreve que a aprendizagem significativa crítica é o tipo de aprendizagem que permite o sujeito a fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, ou seja, ser crítico.

Moreira (2010) apresenta não uma didática, mas assim, 11 princípios, ideias ou estratégias que podem facilitar a aprendizagem significativa crítica, que podem ser visualizadas na Figura 8.

**Figura 8:** Princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Moreira (2005, 2010)

O **princípio do conhecimento prévio**, segundo Moreira (2017), afirma que aprendemos a partir do que já sabemos. Moreira (2010, p. 8, grifo do autor) pontua que “[...] **para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante**”. Moreira não só se apoia nas ideias de Ausubel como também em outros autores, como Neil Postman e Paulo Freire, que consideram os conhecimentos prévios dos estudantes um ponto de partida para a aprendizagem de novos conhecimentos.

O **princípio da interação social e do questionamento** apresenta a importância de se ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas. Um ensino no qual o docente se restringe a transmissão de respostas, seguindo um caminho que primeiro vai do professor para o estudante nas aulas e, logo depois, do estudante para o professor nas provas, não acontece de forma crítica e promove, na maioria das vezes, uma memorização de informações, resultando em uma aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2005).

O autor esclarece que os 11 princípios facilitadores são metáforas, logo, a aprendizagem significativa crítica não nega a validade de momentos da aula em que o professor apresenta os conceitos. Mas se apoiando nas ideias de Freire (2003 apud Moreira, 2010), Moreira explica que é fundamental que exista uma relação dialógica, aberta, de interesse, indagadora e não apassivada, durante esses momentos. Uma vez que ao compartilhar novas informações, o professor deve buscar a negociação de significados, buscando saber qual a visão do estudante em relação ao que foi apresentado e negociar com ele, de modo, a chegar nos conceitos aceitos no contexto da matéria de ensino.

O **princípio da não centralidade do livro de texto** está associado à utilização diversificada de materiais didáticos. Moreira (2005) argumenta que existem livros maravilhosos, mas utilizar apenas uma referência de texto, ao longo da disciplina, não estimula a criticidade, uma vez que o estudante pode associar que o livro apresenta todas as verdades da matéria de ensino. Moreira (2010, p. 10, grifo do autor) explica que “**Não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos**”. Assim, os livros didáticos podem ser mais um recurso, importante, mas não a única fonte de informações utilizada pelos professores durante suas aulas.

O **princípio do aprendiz como perceptor/representador** está relacionado ao fato do aprendiz ser um perceptor/representador, não só ele, mas nós seres humanos não captamos o mundo diretamente, mas representamos o mundo na nossa cabeça, portanto, o aluno também é um representador (MOREIRA, 2005). Em outras palavras, é o estudante (perceptor) que decide como representar em sua mente os novos conhecimentos, partindo daquilo que sua experiência passada (conhecimentos prévios) sugere como melhor representação, a que faz mais sentido. Como também, o autor destaca a importância do docente promover situações em que o aluno possa externalizar a representação dos novos conceitos, proposições e conhecimentos.

O **princípio do conhecimento como linguagem** está associado à visão de que a linguagem é uma maneira singular de perceber a realidade, ou seja, praticamente tudo que nomeamos como “conhecimento” é uma forma de linguagem (MOREIRA, 2010). Portanto, o autor afirma que esse fato implica dizer que para compreender um “novo conhecimento”, “conteúdo”, “conceito” se faz necessário conhecer sua linguagem.

Por exemplo, digamos que na aula de Física o professor vai apresentar/explicar o conceito de trabalho, ora, em nosso cotidiano existem várias definições para esse conceito: trabalho escolar (atividades); trabalho manual (atividades remuneradas que exercem um esforço físico maior); trabalho intelectual (atividades remuneradas que envolvem um esforço intelectual maior); mas também temos que um dos conceitos de trabalho para a Física é a grandeza que mede a quantidade de energia gasta por uma força aplicada em um determinado deslocamento.

Então, segundo Moreira (2010), estudar uma disciplina é construir uma nova visão sobre o mundo, um modo de conhecer, e tudo o que é entendido nessa disciplina é constituído por símbolos (tipicamente palavras). Outra vez, o autor argumenta que aprender de forma significativa e crítica é muito mais do que aprender as palavras, mas sim, aprender sua linguagem de maneira não-arbitrária e substantiva e ter criticidade.

O **princípio da consciência semântica** implica em algumas conscientizações. A primeira, está relacionada à tomada da consciência de que o significado está nas pessoas, não nas palavras, uma vez que quem atribui significado às palavras somos nós (MOREIRA, 2005). O autor argumenta que o indivíduo não pode dar às palavras significados que estejam além de sua experiência (conhecimento prévio). Logo, o estudante não é capaz de aprender significativamente quando não tem condições ou quando não deseja atribuir significado às palavras, resultando em uma aprendizagem sem significado, ou seja, mecânica.

Outra conscientização resultante desse princípio é que as palavras não são aquilo ao qual eles se referem, ou seja, as palavras não são coisas ou alguém. Como também as palavras podem mudar, pois o mundo está permanentemente em constante mudança e, conseqüentemente, as palavras que usamos para dar significado ao mundo também (MOREIRA, 2010).

Segundo o autor, na medida em que o estudante desenvolve o que denominados de consciência semântica, sua aprendizagem poderá ser significativa e crítica, pois será mais difícil de cair na armadilha da causalidade simples, logo entenderá que as respostas não precisam ser certas ou erradas, necessariamente, ou que as decisões que tomamos não são sempre do tipo sim ou não.

O **princípio da aprendizagem pelo erro** está ligado ao fato do ser humano aprender corrigindo seus erros. Moreira (2010, p.14) argumenta que “[...] É da natureza humana errar. O homem aprende corrigindo seus erros. Não há nada errado em errar. Errado é pensar que a certeza existe, que a verdade é absoluta, que o conhecimento é permanente”. Para o autor, a escola, na maioria das vezes, ignora o erro como instrumento de construção de conhecimento. Ocupa-se em ensinar uma ciência que sempre teve escolhas certas, que o conhecimento apresentado está correto ou definitivo quando na verdade os conceitos, ideias, definições são provisórias e que futuramente podem ser consideradas equivocadas.

O aluno ao desenvolver esse princípio constrói a visão de que não existem verdades absolutas que a ciência é fruto de uma construção social e que muitas vezes errou, mas aprendeu corrigindo seus erros. Como também acaba com o pensamento de que a ciência é perfeita, parcial, que foi criada por meio de grandes intelectuais e que nos basta agora aprender o que já foi descoberto.

O **Princípio da desaprendizagem** implica no fato de algumas vezes o conhecimento prévio não nos servir para a aprendizagem de novos conhecimentos, como já citado anteriormente. Moreira (2010, p.15, grifo do autor) esclarece que o significado de **“Desaprender está sendo usado aqui com o significado de não usar o conhecimento prévio (subsunçor) que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento”**.

Outra razão para a aprender a desaprender, está ligada com a sobrevivência em um ambiente que está em permanente e rápida mudança. A escola precisa ser capaz de identificar quais dos velhos conceitos e estratégias são relevantes às novas necessidades impostas no mundo atual, nos quais são necessárias para nossa sobrevivência (MOREIRA, 2010). Portanto, o autor conclui afirmando que aprender a desaprender, é

aprender a identificar e distinguir conhecimentos prévios para se libertar deles e desaprende-los.

Segundo Moreira (2005), o **princípio da incerteza do conhecimento** é uma síntese dos princípios apresentados anteriormente, principalmente aos que se referem a linguagem. De acordo com o autor, este princípio está relacionado com três elementos da linguagem humana: perguntas, definições e metáforas. E que para haver a aprendizagem significativa crítica desses elementos, é preciso que o estudante compreenda que as definições não nascem da natureza, mas somos nós que criamos, que a origem de tudo que sabemos está nas perguntas e que o conhecimento é metafórico (MOREIRA, 2005).

Esclarecendo o que acabamos de apresentar, Moreira (2010) afirma que as perguntas são instrumentos de percepção e que a natureza da pergunta irá influenciar na natureza da resposta. Portanto, o conhecimento humano é incerto, pois depende das perguntas que fazemos sobre o mundo e mais que isso, nossa resposta para uma determinada pergunta também depende da quantidade de símbolos (linguagem) disponíveis na nossa “cabeça”. Quanto mais limitado nossa linguagem, menos somos capazes de “enxergar” o mundo (MOREIRA, 2005).

Do mesmo modo, o autor explica que as definições não são criadas pela natureza, mas sim pelo ser humano. Somos apresentados logo cedo a definições na escola, como se fizessem parte da natureza. Mas para aprendermos de forma significativa e crítica se faz necessário entender que essas definições foram criadas para algum propósito e que definições alternativas poderiam ter sido usadas para o mesmo objetivo (MOREIRA, 2010).

Já as metáforas junto com as definições são instrumentos para pensar. Segundo Moreira (2005), são muito mais do que figuras poéticas, mas também são recursos usados para explicar o mundo. A Física por exemplo utiliza de várias metáforas para explicar diversos conceitos, tal como, o sistema planetário para explicar o átomo, onde metaforicamente o átomo é um sistema planetário, sendo os elétrons planetas e o núcleo um pequeno sol. Isso é uma metáfora, o átomo não é um sistema planetário, os elétrons não são planetas e, muito menos, o núcleo não é um sol pequeno. Contudo, essa metáfora pode ser usada para esclarecer esses elementos, portanto, o conhecimento humano é

metafórico e incerto, uma vez que depende da metáfora utilizada para explicar o mundo (MOREIRA, 2005).

O **princípio da não utilização do quadro e giz** é complementar ao terceiro princípio, o da não centralização do livro texto. De forma análoga, Moreira (2005) não desconsidera os momentos em que o docente apresenta os novos conhecimentos por meio do quadro ou projetor, atualmente em muitos casos. Segundo o autor, essa metáfora não significa que o professor deva arrancar o quadro da sala de aula. O docente pode continuar usando sim, usa algumas vezes mais, outros dias não usa ou usa pouco, o que não pode é ser escravo do quadro e giz.

Moreira (2005) explica que ao escolher não usar o quadro o professor é estimulado a utilizar outras formas de ensino como atividades colaborativas, seminários, projeto, enfim, diversas formas de ensino o que acaba resultando no ensino mais centralizado no aluno, o que é fundamental para a aprender com significado e criticidade.

O **princípio do abandono da narrativa** implica, ao professor, buscar outras alternativas para o ensino, outros modos de ministrar sua aula que, metaforicamente, fique de boca fechada, narre menos, mas que promova uma maior participação do estudante, fazendo com que ele fale mais e participe de forma crítica do processo de ensino e aprendizagem (MOREIRA, 2005). Esse tipo de ensino centralizado no aluno, onde o professor exerce o papel de mediador, estimula a maior participação dos estudantes, fazendo com que eles falem mais. Para isso se faz necessário o uso de atividades nas quais permitam os alunos discutir, explicar, negociar significados entre si, e apresentar o produto de suas atividades colaborativas, ao mesmo tempo que recebem e fazem críticas (MOREIRA, 2010).

Buscando contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, Moreira (2011b) faz a transposição da teoria de Ausubel para a sala de aula junto com contribuições de outros teóricos cognitivistas, propondo a construção das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – as UEPS.

#### 1.4 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)

As UEPS são sequências de ensino fundamentadas, principalmente, na teoria da aprendizagem significativa e crítica, mas também apresenta contribuições de outros

autores, como Vygotsky, Novak, Gowin, Vergnaud e Johnson-Laird, pesquisadores do campo do desenvolvimento e da cognição (MOREIRA, 2011a).

Segundo Moreira (2011a), as UEPS possuem o objetivo de facilitar a construção de uma aprendizagem significativa e crítica. O autor ainda argumenta que as UEPS se apoiam em alguns princípios: o conhecimento prévio como a variável que mais influencia para uma aprendizagem com significado (Ausubel); as situações-problema dão sentido aos novos conhecimentos e devem ser propostas em um nível crescente de complexidade (Vergnaud); as situações-problemas podem ser usadas como organizadores prévios; ao depararmos com uma nova situação se faz necessário a construção de um modelo mental funcional que seja análogo à situação (Johnson-Laird); a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem estar presentes no processo de ensino (Ausubel); a aprendizagem significativa é processual, logo, sua avaliação se dá pela busca de evidências; a interação social e a linguagem são essenciais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin); não basta atribuição de significado, a aprendizagem também deve ser crítica (Moreira).

A partir desses elementos Moreira (2011a) apresenta a construção de uma UEPS em oito etapas, como esquematizado na Figura 9.

**Figura 9:** Etapas de construção da UEPS



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Moreira (2011a)

Na **primeira etapa** ocorre a **definição do conceito ou tópico específico** que será abordado, onde se faz necessário a identificação dos aspectos declarativos e

procedimentais no contexto da matéria de ensino. Já na segunda **etapa** ocorre a **apresentação de situações iniciais** que promovam a externalização dos conhecimentos prévios dos estudantes, independentemente de serem conhecimentos que sejam adequados ou não para a aprendizagem do conceito em pauta (MOREIRA, 2011a). O autor esclarece que não tem uma definição específica do que seria essas situações iniciais, podem ser um questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema ou uma discussão, o importante é que promova o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes.

É importante destacar que antes da próxima etapa ocorre a identificação dos conhecimentos prévios, coletados nessa etapa, uma vez que para o planejamento dos próximos momentos se faz necessário levar em consideração o que o estudante já sabe. A **terceira etapa** consiste na **apresentação de situações-problemas mais gerais**, em um nível bem introdutório, que leve em conta os conhecimentos prévios dos estudantes, de modo a prepará-los para a introdução dos novos conhecimentos que se pretende ensinar (MOREIRA, 2011a). O autor também pontua que as situações-problema podem estar ligadas aos conceitos específicos, mas que não é o objetivo começar a ensiná-los.

As situações-problema podem ser utilizadas como organizadores prévios e podem ser apresentadas por meio de demonstrações experimentais, simulações computacionais, vídeos, problemas do cotidiano entre outras formas, contudo sempre apresentadas em um nível mais geral de complexidade e que sejam bem diferentes dos exercícios de aplicação apresentado no fim do capítulo do livro didático (MOREIRA, 2011a).

Uma vez trabalhadas as situações-problemas em um nível mais geral de complexidade, Moreira (2011b) propõe que na **quarta etapa** ocorra o **aprofundamento teórico** dos conhecimentos da matéria de ensino, respeitando o processo de diferenciação progressiva que consiste em apresentar os conceitos mais gerais e inclusivos, promovendo uma visão inicial dos aspectos mais relevantes, e ao longo dessa etapa ir diferenciando de forma progressiva os conhecimentos, por meio de exemplos. O autor também sugere a promoção de uma atividade colaborativa, em pequenos grupos, que leve a uma apresentação ou discussão em grande grupo.

Na **quinta etapa** ocorre a **apresentação de novas situações-problema** com nível mais alto de complexidade do que a primeira, de modo retomar os aspectos mais gerais

do conteúdo (MOREIRA, 2011a). Segundo o autor, o professor deve dar novos exemplos, buscando destacar as semelhanças e diferenças ligadas às situações-problemas que já foram trabalhadas, ou seja, promover o processo de reconciliação integradora.

Ainda nesse momento, Moreira (2011a) recomenda ao docente propor outra atividade colaborativa que estimule a interação social, a negociação de significados, tendo o professor como mediador. Moreira ainda explica que a atividade pode ser a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, a resolução de um problema, um pequeno projeto entre outros, desde que promova a negociação de significados entre os estudantes com a mediação do professor.

Na **sexta etapa** acontece um **novo aprofundamento teórico** que além da diferenciação dos conceitos, deva também retomar os aspectos mais relevantes do conteúdo, buscando uma visão integradora, ou seja, identificando semelhanças e diferenças de forma a promover a simplificação e a reorganização das ideias (MOREIRA, 2011a). O autor explica que esse aprofundamento pode ser através da leitura de um texto, por um vídeo, um recurso computacional, entre outros, o mais importante do que o recurso instrucional é a forma como se é trabalhado os conceitos na UEPS.

Ainda nesse momento, novas situações-problema podem ser apresentadas e trabalhadas com um nível ainda mais alto de complexidade em relação às anteriores. Conforme destacado por Moreira (2011a), essas situações-problema devem constituir uma atividade colaborativa e ao final desse momento serem apresentadas e/ou discutidas com os demais estudantes da turma, tendo o professor exercendo o papel de mediador.

Na **sétima etapa** ocorre o que Moreira (2011a) chama de **avaliação somativa individual**, onde é aplicado um questionário de avaliação contendo questões/situações que estimulem os estudantes a mostrarem a compreensão, evidenciem a negociação de significados, a capacidade de explicar e aplicar seus conhecimentos em novas situações que não foram apresentadas anteriormente. O autor deixa claro que a avaliação da aprendizagem por meio da UEPS deve ser formativa, ou seja, deve estar presente em todas as etapas da sequência de ensino, todavia também expressa a importância dessa avaliação individual.

Por fim, mas não menos importante, temos a **oitava etapa**, a **avaliação da aprendizagem**. Um pouco diferente das outras etapas, esta não ocorre de forma

presencial com os estudantes, pois ela descreve como deve ocorrer a avaliação da UEPS. Segundo Moreira (2011a), a aprendizagem significativa é progressiva, logo, em vez de querer provar se a aprendizagem foi significativa ou não, deve-se buscar por evidências de aprendizagem, como a negociação de significados, a compreensão, a capacidade de explicar e aplicar em novas situações-problema.

De modo a identificar na literatura trabalhos acadêmicos que utilizaram as UEPS, bem como buscar possíveis contribuições para nossa pesquisa, foi realizado uma Revisão Sistemática da Literatura (ANDRÉ; SILVA, 2022). A seguir será apresentado a metodologia realizada e parte da discussão dos resultados.

#### 1.4 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)

A RSL seguiu como base as seguintes etapas de planejamento: (I) Elaboração de questões de pesquisa; (II) Definição de estratégias de busca; (III) Seleção de publicações seguindo critérios de inclusão e exclusão e (IV) Definição de critérios de qualidade para seleção de publicações (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

##### 1.4.1 Elaboração de questões de pesquisa

Para a revisão sistemática da literatura foram adaptadas as questões de pesquisa elaboradas por Pszybylski, Motta e Kalinke (2020):

**QP1:** Quais as pesquisas realizadas na área de Física que utilizaram as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) como metodologia didática?

**QP2:** Qual a finalidade da UEPS nos trabalhos identificados?

**QP3:** Quais as contribuições e limitações das UEPS investigadas nas pesquisas?

##### 1.4.2 Elaboração de questões de pesquisa

A pesquisa foi realizada no site Portal de Busca Integrado da Universidade de São Paulo (USP). O portal permite a pesquisa de artigos, monografias, dissertações, teses e outros materiais impressos da USP, como também, materiais digitais pagos pela USP, CAPES ou com acesso livre. Além disso, o site permite a pesquisa de artigos em mais de uma base de indexação simultaneamente.

A pesquisa restringiu-se à procura de artigos, buscando no título da publicação a palavra-chave “Unidade de Ensino Potencialmente Significativa” e seus respectivos homólogos em inglês e espanhol, "Potentially Meaningful Teaching Units" e "Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas", como também as siglas “UEPS” e “PMTU”. A revisão foi realizada durante o mês de dezembro de 2021, tendo um recorte temporal de 10 anos, conforme observado no Quadro 1.

**Quadro 1:** Resultados da pesquisa utilizando os descritores

<b>PALAVRA-CHAVE</b>	<b>Nº DE PUBLICAÇÕES</b>
<i>“Unidade de Ensino Potencialmente Significativa”</i>	43
<i>“Potentially Meaningful Teaching Units”</i>	11
<i>“Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas”</i>	0
<i>“UEPS”</i>	140
<i>“PMTU”</i>	3
Total	197

Fonte: Adaptado de André e Silva (2022)

Nessa etapa, conforme o quadro acima, encontramos um total de 197 resultados utilizando descritores. Posteriormente, passamos para a fase de selecionar o material coletado.

#### **1.4.2 Seleção de publicações segundo critérios de inclusão e exclusão**

Inicialmente, foi realizada uma triagem pelo título e, em seguida, pelo resumo, possibilitando a identificação de 40 artigos pertencentes às diferentes áreas da Ciência na Natureza como Ciências, Química, Biologia, Matemática e Física, que adotaram as UEPS como objeto de pesquisa.

Após a triagem, foi realizada a leitura flutuante dos artigos, de modo a definir Critérios de Inclusão (CI): CI1 - artigos publicados na área de Física; e CI2 - artigos que discutem a utilização da UEPS na construção de conceitos ou na formação continuada de professores. Além disso, também foram definidos Critérios de Exclusão (CE): CE1 - publicações indexadas em mais de uma base (publicação duplicada), sendo escolhido apenas um artigo; CE2 - diferentes artigos publicados pelos autores utilizando os mesmos dados, sendo escolhida a publicação mais recente; e CE3 - publicações que tratam de revisões de literatura.

### 1.4.3 Critérios de verificação da qualidade dos estudos

Ao utilizar os critérios de inclusão e exclusão foram escolhidos 16 artigos para a última etapa. Como Critério de Qualidade (CQ) selecionamos apenas os artigos completos que apresentam propostas de atividades de ensino planejadas, executadas e analisadas. Após a utilização desse critério foram selecionados 12 artigos para fazer parte da RSL. Os artigos que foram excluídos da RSL podem ser visualizados no APÊNDICE A com a justificativa da exclusão.

Selecionadas as publicações, foram extraídas as seguintes informações para responder às questões de pesquisa: (a) conteúdo/conceito; (b) questão de pesquisa/objetivo; (c) área da educação/amostra; (d) instrumentos/local/metodologia e abordagem; (e) teoria de aprendizagem e (f) resultados/considerações finais.

### 1.4.4 Resultados e discussões da RSL

A seguir, os resultados são organizados de modo a responder cada uma das questões de pesquisa apresentadas anteriormente. As questões possuem o objetivo de direcionar a investigação, possibilitando a discussão dos dados de forma mais clara e coerente.

1.4.4.1 QP1: Quais as pesquisas realizadas na área de Física que utilizaram as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) como metodologia didática?

No Quadro 2 estão listados os artigos que utilizaram as Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) como metodologia didática.

**Quadro 2:** Publicações que utilizam as UEPS como metodologia didática

TÍTULO	REFERÊNCIA	PERIÓDICO/EVENTO CIENTÍFICO
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas em Indução Eletromagnética: um estudo sobre a conceitualização de estudantes de nível superior	Pantoja e Moreira (2021)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
Fragilidades e potencialidades das UEPS sob a perspectiva CTSA na formação continuada de professores de ciências e matemática	Hammel, Santos e Miyahara (2021)	Revista Imagens da Educação
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre Óptica Geométrica	Ferreira et al. (2020)	Revista Brasileira de Ensino de Física

apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones		
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa: análise da aplicação sobre Efeito Fotoelétrico	Merlin et al. (2019)	Revista Thema
O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico-epistemológico em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	Lima e Damasio (2019)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
Potentially Meaningful Teaching Unit on Cosmology in the vision of the teacher of fundamental and average education	Caldas e Siqueira (2019)	Journal of physics: conference series
O ensino de Relatividade Restrita no Ensino Médio a partir de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	Martins et al. (2017)	X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias
Identificando a evolução conceitual no ensino de Eletromagnetismo, através de uma UEPS baseada num sistema de som automotivo gerador de energia	Spohr, Garcia e Santarosa (2017)	Investigações em Ensino de Ciências
Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio: Laser de Rubi um exemplo de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	Schittler e Moreira (2016)	Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia
Efeito da aprendizagem baseada no Método de Projetos e na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa na retenção do conhecimento: uma análise quantitativa	Parisoto, Moreira e Kilian (2016)	Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia
Proposta de inserção de tópicos de Física de Partículas integradas ao conceito de Carga Elétrica por meio de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	Calheiro e Garcia (2014)	Investigações em Ensino de Ciências
Uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa utilizando mapas conceituais	Hilger e Griebeler (2013)	Investigações em Ensino de Ciências

Fonte: Adaptado de André e Silva (2022)

Os artigos apresentados foram publicados em revistas nacionais e alguns em periódicos ou eventos científicos estrangeiros, contudo todos os trabalhos apresentaram a UEPS como objeto de pesquisa. Pode-se inferir que de todos os artigos analisados, apenas dois foram publicados em periódicos ou eventos estrangeiros, mesmo os autores apresentando nacionalidade brasileira. Esse resultado pode ser justificado, uma vez que a nacionalidade do autor dessa metodologia também seja brasileira, tendo, primeiramente, o foco em pesquisas nacionais (Souza & Pinheiro, 2019).

#### 1.4.4.2 QP2: Qual a finalidade da UEPS nos trabalhos identificados?

A partir da leitura completa dos trabalhos foi possível classificar as publicações em duas categorias, de acordo com a finalidade da utilização da UEPS. A primeira categoria foi denominada de formação continuada, no qual as UEPS aplicadas foram direcionadas para a formação continuada de professores de Ciências e, especialmente, de

Física. A segunda categoria foi nomeada de construção de conceitos, em que as UEPS foram aplicadas com estudantes para o ensino de determinado conceito físico. No Quadro 3 estão apresentadas as publicações de acordo com o objetivo da aplicação da UEPS.

**Quadro 3:** Distribuição das publicações de acordo com a finalidade da UEPS

<b>FINALIDADE DA UEPS</b>	<b>Nº</b>	<b>AUTORES</b>
Formação Continuada	2	Hammel, Santos e Miyahara (2021); Caldas e Siqueira (2019)
Construção de Conceitos	10	Pantoja e Moreira (2021); Ferreira et al. (2020); Merlin et al. (2019); Lima e Damasio (2019); Martins et al. (2017); Spohr, Garcia e Santarosa (2017); Schittler e Moreira (2016); Parisoto, Moreira e Kilian (2016); Calheiro e Garcia (2014); Hilger e Griebeler (2013)

Fonte: Retirado de André e Silva (2022)

Destaca-se nos resultados o número de publicações que utilizaram as UEPS para a construção de conceitos no ensino de Física. Dos dez artigos que investigaram a construção de conceitos, nove foram aplicados no Ensino Médio e apenas um no Ensino Superior. Os dados mostram que os artigos dessa categoria abordaram os seguintes conteúdos/conceitos para o ensino: Acústica; Carga Elétrica; Conceito de Campo; Efeito Fotoelétrico; Eletromagnetismo; Física Moderna; Física Quântica; Óptica Geométrica; Relatividade Restrita e Termodinâmica.

Apenas dois artigos foram classificados na categoria formação continuada, tendo uma pesquisa aplicada com professores durante um curso de 40 horas na modalidade EaD, e a outra na forma de entrevista, realizada por videoconferência. Em relação aos conceitos de Física presentes nas UEPS para a formação continuada, o trabalho de Hammel, Santos e Miyahara (2021), deixaram os professores livres para escolher os conceitos que iriam abordar na elaboração das UEPS, enquanto na pesquisa de Caldas e Siqueira (2019), a UEPS avaliada pelos professores, contemplaram os conceitos de Cosmologia e Radioatividade.

Destaca-se também, o número de publicações que adotaram a abordagem qualitativa para análise dos dados. No total, dez artigos utilizaram a abordagem qualitativa, enquanto apenas dois escolheram adotar a abordagem quantitativa para o tratamento dos dados. Essas pesquisas apresentam como métodos para tratamento dos dados: a análise de conteúdo (sendo a mais aplicada); a análise textual discursiva e a interpretação livre. Três artigos aderiram à abordagem qualitativa, mas não especificaram qual o tipo de análise foi realizado para o tratamento dos dados. Segundo Moreira

(2011a), a UEPS deve focar na análise qualitativa porque esse tipo de análise permite que o estudante externalize os significados atribuídos aos novos conceitos. Dialogando com o autor, Queiroz (2006) e Oliveira (2018) afirmam que a abordagem qualitativa facilita a interpretação dos fenômenos observados em sala de aula, uma vez que as ações do homem são complexas e não podem ser facilmente quantificadas. Além disso, os trabalhos realizados por Parisoto, Moreira e Kilian (2016) e Martins et al. (2017) adotaram a abordagem quantitativa, utilizando o software estatístico SPSS para o tratamento dos dados.

Temos que as pesquisas que adotaram a abordagem qualitativa citam uma maior variedade de instrumentos de coleta de dados como mapas livres, mapas conceituais, mapas mentais, entrevistas, diário de bordo e questionários, sendo esse último o mais utilizado. Já as duas pesquisas que adotaram a abordagem quantitativa se restringiram apenas ao uso do pré e pós-teste. Dessa forma, é possível inferir que as pesquisas que adotaram a abordagem qualitativa apresentaram uma avaliação formativa, fazendo parte de todos os momentos do processo de ensino e aprendizagem (Moreira, 2017). Enquanto as pesquisas quantitativas se restringiram apenas ao uso do pré e pós-teste por meio da análise estatística. Paralelo a esse resultado, Falcão e Régnier (2000) defendem que a análise quantitativa proporciona a inferência de informações que não podem ser facilmente visualizadas pela quantidade de dados, a não ser por meio de um tratamento que permita uma observação a partir de um outro ponto de vista.

#### 1.4.4.3 QP3: Quais as contribuições e limitações das UEPS investigadas nas pesquisas?

Para responder a terceira questão da pesquisa, é descrita uma síntese de cada artigo de acordo com a finalidade da UEPS, apresentando as informações mais relevantes.

#### **Formação continuada**

Nessa categoria, foram identificados apenas dois artigos que utilizaram as UEPS para a formação continuada de professores. A pesquisa de Hammel, Santos e Miyahara (2021, p.89), teve como objetivo “analisar as fragilidades e potencialidades das UEPS sob a perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) na formação continuada de professores de Ciências (Biologia, Química, Física) e Matemática”.

Com a participação de quarenta e quatro professores da educação básica, a investigação foi realizada durante um curso de 40 horas na modalidade EaD, por meio da plataforma MOODLE, contendo quatro unidades de ensino no total. Contudo, o artigo apresenta um recorte dos dados referente à Unidade IV, no qual os participantes do curso tiveram que elaborar uma UEPS com enfoque CTSA na disciplina que lecionam. Além disso, essa unidade apresentou um questionário pós-teste com questões discursivas, em que cada cursista expressou suas percepções a respeito de todo o processo, ao final da unidade.

Por meio da Análise Textual Discursiva, proposta no livro de Roque Moraes e Maria do Carmo publicado em 2016, os autores do artigo afirmam que a partir das opiniões dos professores cursistas, é considerada favorável a junção entre essas duas perspectivas de ensino. Além disso, ao analisar as contribuições das UEPS elaboradas em consonância com a abordagem CTSA, temos que a metodologia apresentada é capaz de contribuir para uma aprendizagem significativa, e em uma formação mais consciente e crítica dos estudantes. Por fim, os professores destacam que tanto as UEPS quanto a perspectiva CTSA contemplam a realidade escolar dos estudantes, uma vez que as metodologias incentivam os estudantes a assumirem um papel mais ativo durante o desenvolvimento das atividades, alterando a dinâmica da aula.

Como fator limitador, os autores apresentam que nem todos os professores que participaram da pesquisa conseguiram contemplar, inicialmente, o enfoque CTSA no planejamento de suas UEPS, sendo necessário retomar alguns aspectos mais relevantes e a sugestão de mudanças nos planejamentos, de modo a inserir o enfoque CTSA em suas propostas.

Caldas e Siqueira (2019), apresentam em sua pesquisa o objetivo de investigar as potencialidades da utilização das UEPS para o ensino de Cosmologia e Radioatividade. Para essa investigação, os autores enviaram para cinco professores de Física do Ensino Médio da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, tendo também alguns profissionais lecionando na rede privada, um e-mail contendo um material composto por duas UEPS (planejadas, aplicadas e avaliadas) e respectivos anexos.

A metodologia da pesquisa apresenta que os autores buscaram traçar primeiro o perfil profissional de cada professor por meio de entrevistas online, e depois coletar os

dados por meio de um questionário. Logo em seguida, analisou-se as respostas dos professores convidados referentes às UEPS. A análise dos resultados foi realizada com base em aspectos da epistemologia da prática docente, a partir da obra de Maurice Tardif e Claude Lessard publicado em 2008, e por meio da relação triádica (Professor - Material Didático - Aluno) proposta por D. Bob Gowin em 1981.

Os autores do artigo apontam como contribuições que a análise das respostas dos professores convidados mostrou que as atividades elaboradas nas UEPS podem ser de fácil aplicação, uma vez que o material enviado possui o planejamento completo, indicando como as propostas devem ser aplicadas. Além disso, a análise apresentou que as UEPS possuem uma diversidade de atividades contextualizadas, tornando o ensino mais agradável e atrativo para os alunos. Outro ponto evidenciado pelos participantes da pesquisa foi a importância de trazer, por meio do planejamento da UEPS, a tecnologia para o ensino, como vídeos, simulações de computador e até slides, já que a tecnologia está presente no cotidiano dos alunos.

É possível inferir pelas contribuições apresentadas, que as UEPS elaboradas foram capazes de contribuir para a formação continuada de professores, por meio de um curso na modalidade EaD ou por meio da análise de sequências de ensino planejadas, aplicadas e avaliadas. Como fator limitador destaca-se que as produções deram mais ênfase nas contribuições enquanto que as limitações da pesquisa foram dificilmente mencionadas (Gonçalves, 2019).

### **Construção de conceitos**

Nesta categoria estão os trabalhos que investigaram a construção de conceitos a partir da aplicação da UEPS. A pesquisa realizada por Pantoja e Moreira (2021, p.1423) apresenta a seguinte questão de pesquisa: “Como estudantes de nível superior desenvolvem processos de conceitualização em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, abordando o conceito de Indução Eletromagnética?”. Para essa investigação os autores adotaram como referencial teórico a Teoria dos Campos Conceituais, idealizada por Gérard Vergnaud.

A UEPS foi aplicada em duas turmas de duas Universidades Federais distintas, sendo a primeira localizada no Sul do Brasil (estudo I) e a outra no Norte (estudo II). Os estudantes possuíam a mesma faixa etária, entre 19 e 29 anos, sendo a primeira turma

constituída por estudantes dos cursos de Bacharelado e de Licenciatura em Física (estudo I, com dezessete estudantes) e a segunda turma com alunos do curso de Engenharia Física (estudo II, com doze estudantes), ambos matriculados na disciplina de Física III. No total, foram nove encontros com duração de 100 minutos, abordando o conceito de campo elétrico e indução eletromagnética.

Como instrumentos de coleta de dados foram adotados os problemas resolvidos pelos estudantes e os mapas conceituais, e as notas de campo preenchidas pelo pesquisador. Para análise dos dados utilizou-se a análise de conteúdo proposta por Lawrence Bardin, na edição traduzida do seu livro em 2008, participando da análise apenas as soluções dos problemas apresentados pelos estudantes. Já os mapas conceituais e as notas de campo foram usados como ferramentas de triangulação, para solucionar dúvidas ou falsear hipóteses que surgissem no processo de análise.

O resultado indicou que os alunos adquiriram maior familiaridade em relacionar de forma abstrata o conceito de indução eletromagnética aos de campo eletromagnético. Além disso, os estudantes conseguiram diferenciar melhor os conceitos de força e campo eletromagnético. Os autores consideram os resultados exitosos, uma vez que os estudantes apresentaram no início da pesquisa um conhecimento aparentemente superficial e alcançaram graus relativamente altos de conceitualização no final. Outro aspecto enfatizado por Pantoja e Moreira (2021) é o lado emocional, uma vez que muitos dos participantes relataram ao professor que ficaram extremamente satisfeitos com a aprendizagem que desenvolveram na disciplina.

Utilizando a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), o trabalho de Ferreira et al. (2020), destaca o objetivo de escrever uma UEPS para o ensino de Óptica Geométrica. O artigo apresenta em sua metodologia uma versão da UEPS revisada a partir das contribuições após a aplicação. No total, trinta e três alunos participaram de todas as etapas, tendo como local de pesquisa uma escola da rede particular do Distrito Federal.

Como instrumento de coleta de dados foram adotados questionários contendo as respostas dos estudantes sobre as questões discursivas aplicadas ao final da UEPS. Embora os autores tenham apresentado a TAS como referencial teórico, o artigo não descreve como a análise dos dados foi realizada. Contudo, os resultados apontados mostraram que 86% dos estudantes conseguiram responder a maior parte das questões de

forma satisfatória, tendo apenas dois estudantes não conseguido responder de forma satisfatória às questões apresentadas. Os autores justificam o resultado negativo desses dois estudantes, afirmando que os dois possuem um histórico de desmotivação e problemas disciplinares na escola. Por fim, Ferreira et al. (2020), afirmam que os objetivos da pesquisa foram alcançados, uma vez que foram observados indícios de aprendizagem significativa por meio da análise dos dados.

O artigo publicado por Merlim et al. (2019) tem como objetivo compreender se é possível contribuir para a aprendizagem de alunos acerca do fenômeno do efeito fotoelétrico (EF) e suas aplicações no cotidiano, a partir da aplicação de uma sequência didática na forma de UEPS. O campo de pesquisa utilizado foi uma escola no município de São Sebastião do Alto, na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, com um total de dezenove participantes de uma turma que cursava o 2º ano do Ensino Médio. A UEPS foi aplicada durante seis aulas com duração de 50 minutos. Os pesquisadores dividiram a turma em cinco grupos, de modo que permaneceram juntos durante todas as atividades.

Como instrumento de coleta de dados foram utilizados um questionário inicial, como também outros questionários sobre os conceitos do efeito Fotoelétrico, além da construção de mapas conceituais e o preenchimento de um questionário avaliativo sobre as propostas realizadas pelo professor, ao longo de toda a unidade de ensino. Para a análise dos dados, os autores adotaram a análise de conteúdo de Lawrence Bardin, publicado em 2011, classificando as respostas em duas categorias, unidade significativa adequada e unidade significativa inadequada.

Fundamentando a pesquisa na Teoria da Aprendizagem Significativa, os resultados mostram que nas questões iniciais apenas duas equipes conseguiram responder corretamente, de acordo com os critérios da análise. Já em outro questionário, aplicado depois de uma atividade experimental, foi constatado que todas as equipes mostraram explicações mais elaboradas e relacionadas com os conhecimentos estudados anteriormente, apesar dos pesquisadores terem identificado alguns conceitos equivocados. Além disso, a análise da atividade realizada com o auxílio do Simulador PhET também apresentou um resultado positivo, por meio de um maior índice de respostas corretas. Uma limitação destacada pelos autores foi o resultado da atividade da elaboração dos mapas conceituais, no qual os estudantes demonstraram ter mais dificuldades. Os autores justificam esse resultado, afirmando que foi a primeira vez que

esse tipo de atividade foi proposta aos estudantes. Segundo os autores, os indicadores da pesquisa mostraram um bom aproveitamento da turma. Além disso, apesar das dificuldades em construir os mapas conceituais, a turma se mostrou motivada durante as aulas e atenta às atividades.

A pesquisa de Lima e Damasio (2019, p.820), apresenta como objetivo geral “[...] analisar a eficácia da aplicabilidade do tema de instrumentos musicais no ensino de acústica, com ênfase no aspecto histórico-epistemológico”. Os autores adotaram como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) proposta por Moreira (2010), convergindo com aspectos da epistemologia de Paul Feyerabend. A UEPS foi aplicada em uma escola da rede estadual de ensino, localizada no município de Criciúma/SC, com quinze estudantes do 2º ano do Ensino Médio, em uma modalidade de ensino similar ao ensino integral. A UEPS teve um total de cinco encontros com duas aulas de 40 minutos cada. A pesquisa adotou como instrumento de coleta de dados, roteiros experimentais, diário de bordo e questionários para a avaliação individual dos estudantes, sendo analisados de forma qualitativa interpretativa livre.

A UEPS construída pelos autores teve 8 etapas, sendo elas: Situação inicial, Situações-problema iniciais, Revisão, Nova situação-problema, Aula expositivo-dialogada integradora final, Avaliação da aprendizagem e, por fim, Avaliação da própria UEPS. As duas primeiras etapas, com objetivos distintos de externalizar os conhecimentos prévios dos estudantes e de facilitar a discussão epistemológica, respectivamente, utilizaram-se do violão para propor algumas perguntas sobre a emissão de sons, pelos instrumentos musicais, e perguntas sobre a ciência.

Na etapa da Revisão foi aplicado um relato sobre a invenção do telefone. Já na etapa da nova situação-problema foi proposta uma atividade experimental utilizando o gerador de ondas estacionárias. Em seguida, na etapa da aula integradora final foi retomado o conteúdo trabalhado numa perspectiva integradora. Por fim, temos que a avaliação da aprendizagem foi realizada de forma progressiva, por meio dos instrumentos de pesquisa, citados anteriormente. Já a avaliação da própria UEPS ocorreu com base se os estudantes apresentaram predisposição em aprender e se o violão serviu como material potencialmente significativo.

Segundo a análise dos dados, os autores afirmam que o objetivo da pesquisa pode ter sido alcançado, uma vez que uma aprendizagem mais significativa e crítica, não só de ciência, mas também sobre ciência, foi percebida tanto no diário de bordo quanto na avaliação somativa e no questionário pós-implementação. Além disso, o artigo ressalta os seguintes resultados: identificação de vestígios de evolução conceitual acerca de uma maior compreensão do empreendimento científico filosófico; problematização de ideias desalinhadas à moderna filosofia da ciência acerca do empreendimento científico; e a identificação de fortes indícios de que o uso do violão como ferramenta didática trouxe contribuições tanto para o ensino quanto para despertar a curiosidade dos estudantes. Um ponto limitante destacado pelos autores foi o intervalo de uma semana entre um encontro e outro, em que os autores identificaram a necessidade de sempre iniciar o novo encontro fazendo uma releitura aprofundada dos conteúdos da aula anterior.

Martins et al. (2017, p.1209) apresentaram em sua pesquisa o objetivo de “avaliar se a evolução de conhecimentos conceituais, procedimentais e de aplicação na ciência do conteúdo de relatividade restrita, dos estudantes submetidos à uma UEPS desenvolvida, é mais facilitadora de Aprendizagem Significativa do que as aulas tradicionais”.

De modo a cumprir com o objetivo, a UEPS foi implementada em quatro turmas do 3º ano do Ensino Médio de duas escolas da rede estadual de ensino, localizadas no Paraná. Os alunos possuíam idades entre 16 e 17 anos. As turmas foram divididas em dois grupos, o primeiro grupo foi denominado de Grupo Experimental (GE - cinquenta alunos), no qual foi aplicado a UEPS. Já o segundo grupo foi denominado de Grupo de Controle (GC - cinquenta e dois alunos), em que foram ministradas aulas tradicionais (aulas expositivas seguidas de resolução de exercícios).

No total, foram 8 encontros com duração de 3 horas/aulas cada. Foi utilizado como instrumento de coleta de dados questionários pré e pós-teste com 60 questões de cunho conceitual, procedimental e aplicação da ciência. Para a análise dos dados, a pesquisa adotou a abordagem quantitativa utilizando o Teste T por meio do pacote estatístico SPSS. A análise do pré-teste mostrou que o grupo controle (GC) teve uma média geral de acertos menor do que o grupo experimental (GE). A análise qualitativa do pré-teste mostrou que os grupos eram inicialmente diferentes. A análise do pós-teste mostrou que os dois grupos apresentaram ganhos na média de acertos, contudo o grupo GE, mesmo iniciando num nível maior de acertos, teve um ganho ainda maior na média de acertos

comparado com o grupo GC, no final. Por fim, os autores afirmam que os testes estatísticos indicaram a superioridade da abordagem de ensino utilizando as UEPS em relação às aulas tradicionais.

O objetivo da pesquisa de Spohr, Garcia e Santarosa (2017, p.164) consiste em “[...] apresentar o planejamento e a execução de uma UEPS por graduandos do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza, e seu potencial para o ensino do eletromagnetismo em nível de Ensino Médio”. A UEPS foi aplicada com dezoito estudantes do 3º ano do Ensino Médio, indicados pela professora de Física titular da escola, por apresentarem baixo rendimento e desmotivação na disciplina de Física.

Os licenciandos foram os responsáveis por aplicar e conduzir as atividades da UEPS. No total, foram realizados quatro encontros com duração de 2 horas desenvolvidos no contra turno dos estudantes. Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados vídeo-gravação, mapas conceituais e questionários pré e pós-testes. Contudo, o artigo apresenta um recorte dos dados, restringindo a análise a partir dos questionários pré e pós-teste, seguindo as etapas da análise de conteúdo, de acordo com Lawrence Bardin na edição publicada em 2006.

Fundamentando-se na teoria da Aprendizagem Significativa os resultados mostram que a UEPS contribuiu para a evolução conceitual dos estudantes. Spohr, Garcia e Santarosa (2017), justificam os resultados por meio do planejamento à aplicação da UEPS. De acordo com referencial teórico adotado, esse processo permite a organização sequencial dos conteúdos a serem desenvolvidos, de maneira coerente com as relações de dependência que existem naturalmente entre os conceitos. Como também os autores apontaram contribuições para os graduandos que puderam constatar a importância do planejamento, implementação e avaliação da proposta de ensino, por meio da utilização de referenciais teórico-metodológico-epistemológico adequados que orientaram os processos de planejamento-ação-reflexão, assim contribuindo com formação inicial dos graduandos enquanto futuros professores pesquisadores reflexivos.

A pesquisa de Schittler e Moreira (2016) apresenta como objetivo principal investigar se é “[...] possível introduzir conceitos fundamentais de Física Moderna e Contemporânea no 1º ano do Ensino Médio e, ainda, se a metodologia da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa é uma ferramenta eficaz para isso”.

A UEPS foi aplicada com sessenta e quatro estudantes do 1º ano do Ensino Médio de 3 turmas integradas ao Curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, tendo duração de 16 horas/aulas no total. A pesquisa utilizou como instrumentos de coleta de dados, mapas livres, mapas conceituais e questionários no início e no final da intervenção. Adotou-se a abordagem qualitativa para a análise dos dados, contudo os autores não especificam os referenciais que guiaram o processo de análise do material.

Segundo Schittler e Moreira (2016), os resultados mostraram uma maior participação e interesse dos estudantes nas aulas expositivas dialogadas. Os autores justificaram esse resultado, afirmando que os estudantes sentiram seus conhecimentos prévios valorizados, uma vez que o docente partiu deles para planejar as aulas ministradas. Além disso, os dados demonstram que a maioria dos alunos (70%) mostraram um bom aproveitamento na avaliação somativa individual. Além disso, destaca-se a participação dos estudantes na atividade de construção dos mapas conceituais que apesar das dificuldades, atribuíram significados de forma hierárquica de acordo com a formalização dos conceitos.

Por fim, o trabalho concluiu que os critérios usados para avaliar a UEPS consideraram-na positiva, tanto como metodologia didática, quanto em envolvimento, aproveitamento e aprendizagem. Todavia, os autores afirmam que a pesquisa não apresenta evidências conclusivas de aprendizagem significativa, mas constatou-se o aumento da predisposição dos alunos em aprender física.

A pesquisa de Parisoto, Moreira e Kilian (2016) traz como objetivo avaliar quantitativamente uma proposta didática elaborada com situações-problema de Física aplicada à Engenharia em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa junto com o Método de Projetos, visando a aprendizagem significativa dos conceitos de Termodinâmica.

A UEPS foi implementada em três turmas mistas de Engenharia da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), localizada no estado do Rio Grande do Sul. As atividades foram realizadas no período noturno durante a disciplina da universidade com duração total de 60 horas/aulas. Participaram da pesquisa cento e quarenta e quatro estudantes, no qual duas turmas foram denominadas de Grupo Experimental (80 estudantes) e a terceira

turma de Grupo Controle (68 estudantes). A UEPS foi aplicada com o Grupo Experimental enquanto foram ministradas, simultaneamente, aulas tradicionais (aulas expositivas seguidas de resolução de problemas) ao Grupo Controle.

Como instrumentos de coleta de dados utilizou-se pré e pós-testes contendo 50 questões abordando os conceitos de convecção, irradiação e condução, sendo aplicado as mesmas questões nos dois testes. Após dois meses do fim da aplicação, foi aplicado novamente o teste para identificar a retenção de conteúdo dos dois grupos. Para a análise dos dados, a pesquisa adotou a abordagem quantitativa realizando o Teste T para variáveis independentes e o teste de Levene para igualdade de variâncias com o auxílio do pacote estatístico SPSS 21.

Comparando a análise estatística do pré-teste dos dois grupos foi possível afirmar que o Grupo Experimental e o Grupo Controle apresentaram concepções prévias semelhantes e que o teste pôde ser usado como indicador de homogeneidade inicial dos grupos. A comparação do pré e pós-teste do Grupo Controle mostrou que estatisticamente os resultados obtidos não foram devido ao método tradicional de ensino. Já os resultados do teste estatístico para o Grupo Experimental, comparando o pré e pós-teste é possível identificar indícios de que os resultados encontrados estão relacionados com a integração entre o método de projetos, situações-problema e as UEPS.

Outro resultado destacado por Parisoto, Moreira e Kilian (2016), foi a comparação entre o pós-teste e o teste aplicado após dois meses da implementação da UEPS. A partir do teste de Levene para o Grupo Controle foi possível inferir que os resultados obtidos pelo grupo não foram devido ao método tradicional de ensino. Do mesmo modo, os autores apontam que a análise do teste de Levene para o Grupo Experimental mostrou que o resultado do grupo foi devido a aplicação da metodologia de projeto, utilizando as situações-problemas no formato de uma UEPS, fornecendo indicativos de que a integração dessas metodologias didáticas facilita a aprendizagem significativa e, conseqüentemente, a retenção dos conteúdos ensinados. Por fim, os autores afirmam que a estratégia produziu uma melhora significativa na aprendizagem conceitual, procedimental e de aplicação de conceitos físicos na Engenharia na maioria dos estudantes e na maioria dos exercícios.

O trabalho de Calheiro e Garcia (2014), visa a apresentação de uma proposta de inserção de tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos de Eletricidade no Ensino Médio, baseada na construção de uma UEPS, bem como suas contribuições para a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

A pesquisa foi aplicada com estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública, com duração total de 18 horas/aula. A pesquisa utilizou como instrumentos de coleta de dados questionários, mapas livres e mapas conceituais. Contudo, o artigo apresenta um recorte dos dados, se restringindo à análise dos mapas livres e conceituais. Para a análise dos dados, os autores da pesquisa adotaram uma abordagem qualitativa elaborando critérios para a análise dos mapas à luz dos referenciais teóricos da aprendizagem significativa.

Segundo Calheiro e Garcia (2014), os resultados mostram que os mapas elaborados possibilitaram a identificação da falta ou presença de conhecimentos prévios pelos estudantes do Ensino Médio. Além disso, os instrumentos de coleta de dados possibilitaram a identificação das dificuldades dos estudantes em relacionar os conceitos de Física de partículas de forma coerente, como também foi possível verificar a presença de proposições e ligações válidas na construção dos mapas conceituais. Os autores concluem que, por meio dos mapas, foi possível perceber indícios de que o conjunto das atividades implementadas na UEPS proporcionou uma evolução conceitual na aprendizagem dos estudantes.

Por fim, os autores afirmam que o presente trabalho evidenciou que a implementação da UEPS contribuiu para a aprendizagem significativa dos estudantes, como também proporcionou uma alternativa de desenvolver temas contemporâneos na escola básica, tornando o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Física de Partículas mais estimulante para os estudantes. Outro ponto destacado, foi que os mapas livres e conceituais têm a capacidade de conduzir os estudantes a aprendizagem significativa dos conceitos.

Hilger e Griebeler (2013, p.199) afirmam que em seu artigo são apresentados “[...] os resultados preliminares obtidos a partir da aplicação de uma UEPS para o ensino de conceitos relacionados à Física Quântica (quantização, incerteza, estado e superposição de estados) [...]”, visando uma aprendizagem significativa. A pesquisa foi realizada com

quatro turmas do 3º ano do Ensino Médio da rede pública de ensino, localizada na cidade de Bagé - Rio Grande do Sul. As turmas foram divididas de modo que a UEPS foi aplicada primeiro com duas turmas no início do mês de outubro (fase 1) e as outras duas ao final do mês (fase 2), sendo no total 18 e 15 aulas respectivamente.

Foram utilizados como instrumentos de coleta de dados, mapas mentais e conceituais, depoimentos dos alunos e outras produções como uma pesquisa de livre escolha com o tema Física Quântica. Contudo, neste artigo é encontrado um recorte dos dados, apresentando apenas a análise dos mapas livres e conceituais e mostra alguns depoimentos de estudantes. A pesquisa adotou para a análise dos dados uma abordagem qualitativa, embora o artigo não especifique qual análise qualitativa foi feita durante a avaliação.

Segundo os autores, os resultados preliminares apresentaram evidências de aprendizagem significativa, uma vez que a comparação entre os mapas mentais e conceituais indicam a evolução dos conceitos sobre Física Quântica. Além disso, os autores afirmam que os mapas mostraram ser um bom recurso para observação da evolução do conhecimento, como também auxiliando na identificação de relações que foram assimiladas e suas falhas de compreensão, facilitando a retomada de conceitos, que ainda não foram compreendidos corretamente. Por fim, Hilger e Griebeler (2013), afirmam que a avaliação do desempenho dos estudantes por meio da UEPS não fica restrito a uma prova final, possibilitando aos alunos avaliar sua própria aprendizagem ao longo das aulas, aumentando sua confiança no processo de ensino e aprendizagem.

#### **1.4.5 Considerações finais da RSL**

A revisão sistemática da literatura possibilitou apresentar uma perspectiva sobre as pesquisas que utilizam as UEPS como metodologia didática, destacando a identificação das pesquisas, a finalidade da utilização das UEPS e as potencialidades para a formação continuada e construção de conceitos.

Na categoria "formação continuada", os professores apontam que as UEPS contemplam a realidade escolar, uma vez que a metodologia incentiva os estudantes a assumir um papel mais ativo durante as aulas, por meio da diversidade de atividades contextualizadas, tornando o ensino mais agradável e atrativo para os alunos.

Além disso, é destacada também a união favorável entre a UEPS com a perspectiva CTSA, onde a junção das metodologias é capaz de contribuir no processo de ensino e aprendizagem para uma aprendizagem significativa, como também na formação mais consciente e crítica dos estudantes. Outro aspecto evidenciado em ambos os artigos é que, tanto as UEPS quanto a perspectiva CTSA, trazem a importância da tecnologia para o planejamento das atividades, uma vez que a tecnologia está muito presente no cotidiano dos estudantes.

Os artigos que foram classificados na categoria "construção de conceitos" citam inúmeras contribuições da utilização da UEPS para o ensino de Física. Segundo as pesquisas, por meio da aplicação das UEPS foi possível identificar a evolução conceitual dos estudantes ao longo das atividades. Além disso, os resultados também apontam o aumento da predisposição e participação dos estudantes durante a aplicação das UEPS. Os resultados estatísticos apresentados nas pesquisas quantitativas apontam que as UEPS proporcionam um ganho maior comparada com as aulas tradicionais.

Outro ponto destacado nas pesquisas que investigaram a construção de conceito é que os mapas conceituais são bons instrumentos para identificar a falta ou a presença dos conhecimentos prévios, a evolução e a hierarquização dos conceitos. Além de ajudar na identificação de indícios de aprendizagem significativa. Os resultados também mostram a importância da valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes, pois os mesmos sentem-se mais ativos em seu processo de aprendizagem.

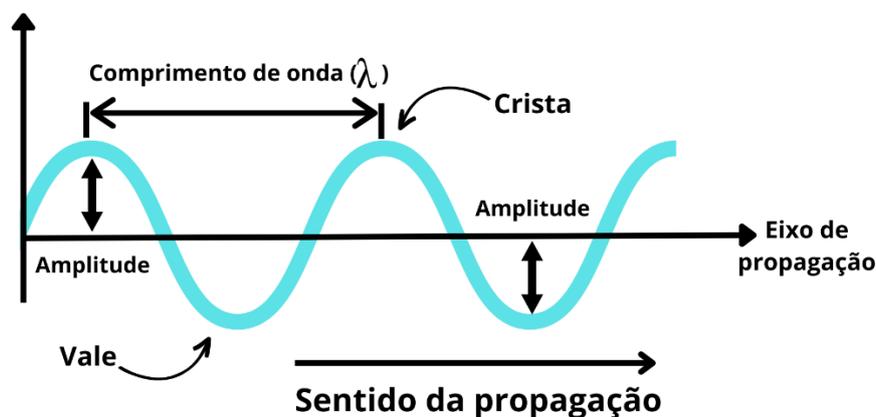
Uma limitação apresentada nos artigos que utilizaram os mapas conceitos foi a dificuldade apresentada pelos estudantes na elaboração dos mapas. Esse resultado reforça a importância do docente ajudar os estudantes na familiarização dos instrumentos de coleta antes da pesquisa. Outro ponto destacado foi o longo intervalo entre um encontro e outro durante a aplicação das UEPS, destacando a importância de iniciar cada encontro com uma releitura da aula anterior.

## CAPÍTULO 2: CONCEITO DE TIMBRE DO SOM

A acústica é o ramo da Física que estuda as fontes das ondas sonoras e os receptores, bem como os fenômenos ondulatórios que podem ocorrer durante a propagação dessas ondas (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016). Primeiro, é necessário explicar alguns conceitos fundamentais. Segundo Bôas, Doca e Biscuola (2016), a onda é definida como um movimento causado por uma perturbação que transporta energia, não massa, e essa perturbação pode ser propagada em um meio material como o ar ou a água ou até mesmo sem a presença de um meio material, ou seja, no vácuo.

As ondas possuem algumas características básicas, como comprimento de onda, amplitude, frequência, período e velocidade de propagação. A Figura 10 representa o modelo de onda transversal destacando suas características básicas.

**Figura 10:** Características fundamentais da onda



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Bôas, Doca e Biscuola (2016) e Hewitt (2015)

A partir da Figura 10 é possível observar as características básicas da onda. A medida do comprimento de onda é a distância entre duas cristas ou dois vales e é representado pela letra grega lambda ( $\lambda$ ). Além disso, a amplitude da onda é a distância entre o eixo de propagação e a crista/vale da onda. Outra característica da onda é o período, no qual é definido como o tempo gasto para a fonte emitir uma onda completa. Já a frequência é definida como o número de oscilações por um certo tempo, dessa forma temos que a frequência é inversamente proporcional ao período, ou seja, quanto maior o período, menor é a frequência. Por fim, temos outra característica, a onda se propaga com

uma determinada velocidade, proporcional ao produto do comprimento de onda e a frequência, ou seja,

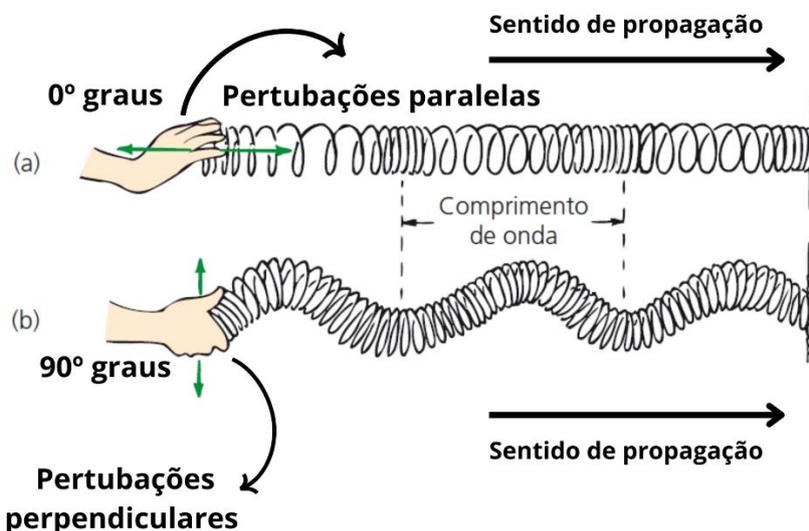
$$v = \lambda \cdot f \quad (1)$$

onde “ $v$ ” representa a velocidade, “ $\lambda$ ” representa o comprimento de onda e “ $f$ ” representa a frequência (HEWITT, 2015).

As ondas podem ser classificadas como ondas mecânicas ou ondas eletromagnéticas, conforme a sua natureza. As ondas mecânicas são ondas que se propagam, exclusivamente, em um meio material, como o ar. Já as ondas eletromagnéticas são ondas que se propagam em um meio material e até mesmo no vácuo, como exemplo temos a luz visível que se propaga tanto no ar, na água e no vácuo presente no espaço (HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2015).

Além disso, as ondas podem ser classificadas de acordo com a sua propagação, sendo classificadas como ondas longitudinais ou ondas verticais, como ilustrado na Figura 11.

**Figura 11:** Propagação da onda longitudinal e vertical



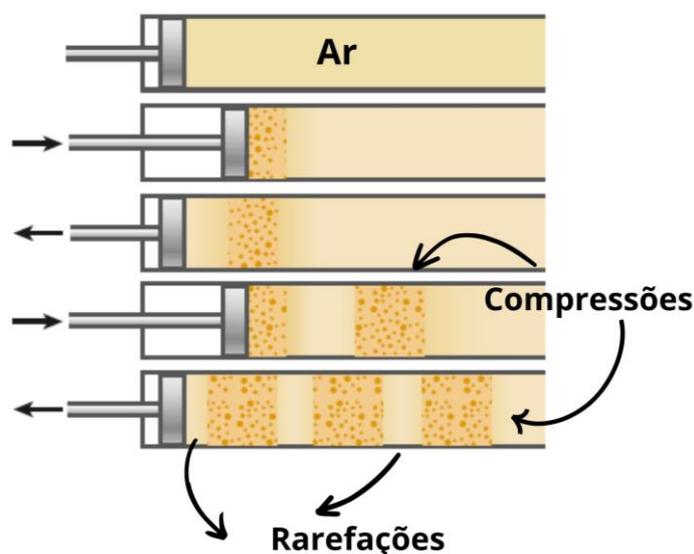
Fonte: Adaptado de Hewitt (2015)

Na Figura 11a é representado o modelo de propagação das ondas longitudinais que produzem perturbações nas partículas do meio material na mesma direção da sua propagação. Já a Figura 11b representa o modelo de propagação das ondas verticais que

são ondas em que as vibrações ocorrem perpendicularmente ao sentido de propagação (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

Dessa forma, podemos definir o som como uma onda mecânica longitudinal que se propaga no ar, transportando energia sonora, ou seja, a onda sonora é uma perturbação que acontece no ar, no qual ocorre o transporte de energia (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012). A Figura 12 apresenta um modelo de produção e propagação de ondas sonoras a partir da compressão e descompressão do ar dentro de um tubo cilíndrico.

**Figura 12:** Modelo de produção e propagação de ondas sonoras



Fonte: Adaptado de Bôas, Doca e Biscuola (2016)

Quando o êmbolo se desloca para a direita gera uma compressão no ar interno ao tubo. Depois essa compressão se propaga e, em seguida, o êmbolo volta à posição inicial. Durante a volta do êmbolo é gerado uma rarefação que também se propaga. Logo após, mais uma compressão é produzida, depois outra rarefação, e assim por diante (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016). Por fim, temos que essas compressões e rarefações se propagam de forma análoga ao exemplo da mola na Figura 11a.

A maioria dos sons que escutamos em nosso cotidiano são ruídos, como o estrondo da aceleração de uma motocicleta. Além disso, o ruído é definido como uma vibração irregular do tímpano causada por alguma outra vibração irregular próximo de nós. Diferentemente, a música possui características distintas, apresentando tons periódicos ou notas musicais, enquanto o ruído não apresenta periodicidade. Contudo, a

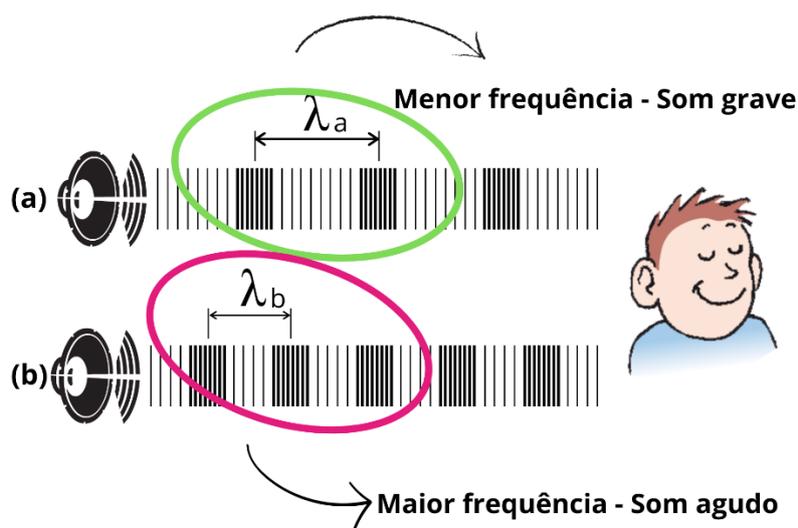
música é subjetiva, construída pela sociedade e por isso algumas pessoas podem considerar essa irregularidade de vibrações como música (HEWITT, 2015). Segundo o autor, os músicos normalmente se referem aos tons musicais ou notas musicais em termos de três características ou qualidades do som: altura, volume (intensidade) e timbre do som.

### Altura do som

A altura do som é a sensação de grave ou agudo que o som gera em nossos ouvidos. Além disso, o que diferencia o som grave do som agudo é a frequência de oscilação da onda sonora. Dessa forma, dizemos que o som de uma frequência  $f_1$  é mais alto (ou mais agudo) que outro de frequência  $f_2$ , se a frequência do primeiro ( $f_1$ ) for maior que a do segundo ( $f_2$ ). Nesse mesmo exemplo, dizemos que o som da segunda frequência ( $f_2$ ) é mais baixo, ou mais grave, do que o som produzido pela primeira frequência (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

Logo, podemos afirmar que sons com frequências menores são chamados de sons graves, enquanto que sons com frequências maiores são chamados de sons agudos, como ilustrado na Figura 13. Além disso, a forma certa de se dizer que um som possui menor ou maior frequência do que outro, é dizer que esse som é mais baixo ou alto.

**Figura 13:** Propagação de ondas sonoras com frequências diferentes



Fonte: Elaborado pelo autor (202) com base em Bôas, Doca e Biscuola (2016) e Hewitt (2015)

A Figura 13a representa o modelo de onda sonora com maior comprimento de onda ( $\lambda_a$ ), implicando em uma frequência menor, uma vez que as grandezas são

inversamente proporcionais, caracterizando o som como grave. Por sua vez, a Figura 13b representa o modelo de onda sonora com menor comprimento de onda ( $\lambda_b$ ), implicando em uma frequência maior, caracterizando o som como agudo.

Dessa forma, de acordo com Bôas, Doca e Biscuola (2016), as notas musicais apresentam uma taxa de vibração (frequência) característica, de modo, que duas notas musicais diferentes são marcadas por apresentarem frequências diferentes.

Por fim, temos que a audição do ser humano é limitada, implicando dizer que a humanidade só escuta sons em um intervalo de frequência específico, chamada de escala do som audível, variando de sons com uma frequência entre 20 Hertz e 20.000 Hertz. Com o avançar da velhice ou por problemas de saúde, ao longo da vida, a nossa capacidade de escutar sons próximos a esses limites pode ser prejudicada.

### **Intensidade do som**

Bôas, Doca e Biscuola (2016) argumentam que por ser uma propagação ondulatória, o som é caracterizado pelo processo de transporte de energia, em nosso caso, energia sonora. A intensidade sonora é proporcional a potência da fonte emissora dividida pela área de propagação da onda, ou seja,

$$I = \frac{P}{A} \quad (2)$$

no qual “ $I$ ” representa a intensidade sonora, “ $P$ ” representa a potência da fonte emissora e “ $A$ ” representa a área de propagação da onda. Logo, dizemos que a intensidade sonora é proporcional a quantidade de energia transportada pela onda, uma vez que a potência é calculada como a energia dividida pelo tempo. Como também dizemos que a intensidade é inversamente proporcional a área de propagação, uma vez que quanto maior a área de propagação menor vai ser a intensidade do som, conforme a Figura 14.

**Figura 14:** Relação entre a área de propagação e a potência sonora



Fonte: Retirado de Bôas, Doca e Biscuola (2016)

A partir da Figura 14 podemos identificar duas posições que uma pessoa pode ocupar enquanto está ouvindo um som no alto falante. Supondo que a onda sonora se propague sem dissipar energia, observa-se que à medida que a onda vai se propagando ocorre uma “diluição” cada vez maior, ou seja, a energia se espalha sobre uma superfície cada vez maior. Logo, ao ocupar a posição 1, o indivíduo acaba recebendo mais energia por unidade de tempo do que se ocupasse a posição 2, implicando dizer que na posição 1 a intensidade sonora é maior do que na posição 2 (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

Além disso, a intensidade do som depende da amplitude da onda sonora, logo, quanto maior a amplitude da onda, maior será a quantidade de energia transportada por ela. A unidade da intensidade sonora é o  $\text{watts}/\text{metro}^2$  que representa uma faixa de valores muito grande, então para padronizar uma escala com valores menores de intensidade, tomou-se como base a abrangência do ouvido humano, ou seja, a escala da limitação da audição humana (limiar da audição de  $10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$  a  $1\text{W}/\text{m}^2$ ). Dessa forma, foi padronizado a escala por potência de dez, denominada de decibel, no qual 0 dB (decibel) é equivalente a  $10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$ . Dessa forma, em nosso cotidiano, quando escutamos falar sobre intensidade sonora, ouvimos as notícias medindo a intensidade em decibel porque abrange as menores intensidades presentes no dia a dia.

### **Timbre do som**

O timbre é a característica que permite diferenciar o som da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes, mesmo sendo emitidos com a mesma intensidade, visto que cada instrumento musical possui um som característico. Além disso, é possível reconhecer a voz de uma pessoa conhecida, durante uma apresentação de coral, mesmo os cantores estando sincronizados e respeitando o tom dado pela música. Isso é possível

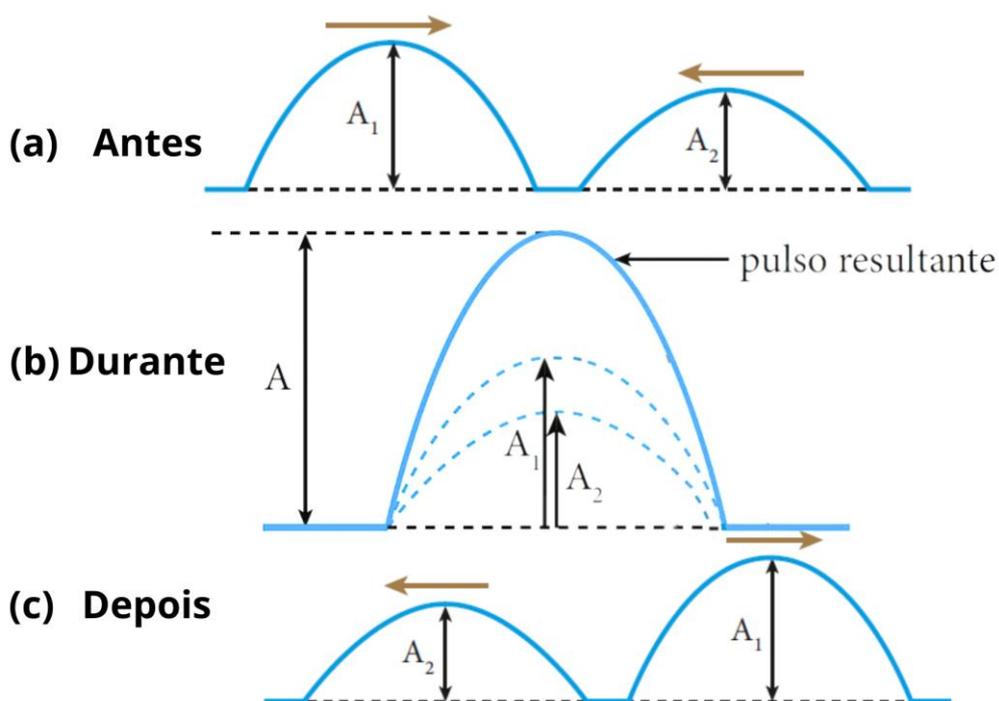
porque cada pessoa possui uma voz característica. Esse som característico presente tanto nos instrumentos musicais quanto na voz de cada pessoa é o que chamamos de timbre.

Contudo, o conceito de timbre é um pouco mais complexo do que isso. Para compreender o real sentido do conceito de timbre é necessário olhar para alguns fenômenos ondulatórios, como a interferência ou superposição de ondas.

Hewitt (2015) explica que enquanto objetos materiais não podem ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo, mais de duas ondas podem existir de forma simultânea. As ondas ao se encontrarem podem interferir umas nas outras, provocando o que chamamos de interferência construtiva e destrutiva. Essa interferência dura o tempo que as ondas estiverem ocupando o mesmo espaço e depois voltam aos seus estados iniciais.

A interferência construtiva acontece quando as ondas estão em fase, quando a crista de uma onda superpõe à crista de outra onda, seus efeitos individuais se somam e produzem uma onda resultante com amplitude maior (HEWITT, 2012), como ilustrado na Figura 15.

**Figura 15:** Modelo da interferência construtiva de ondas verticais

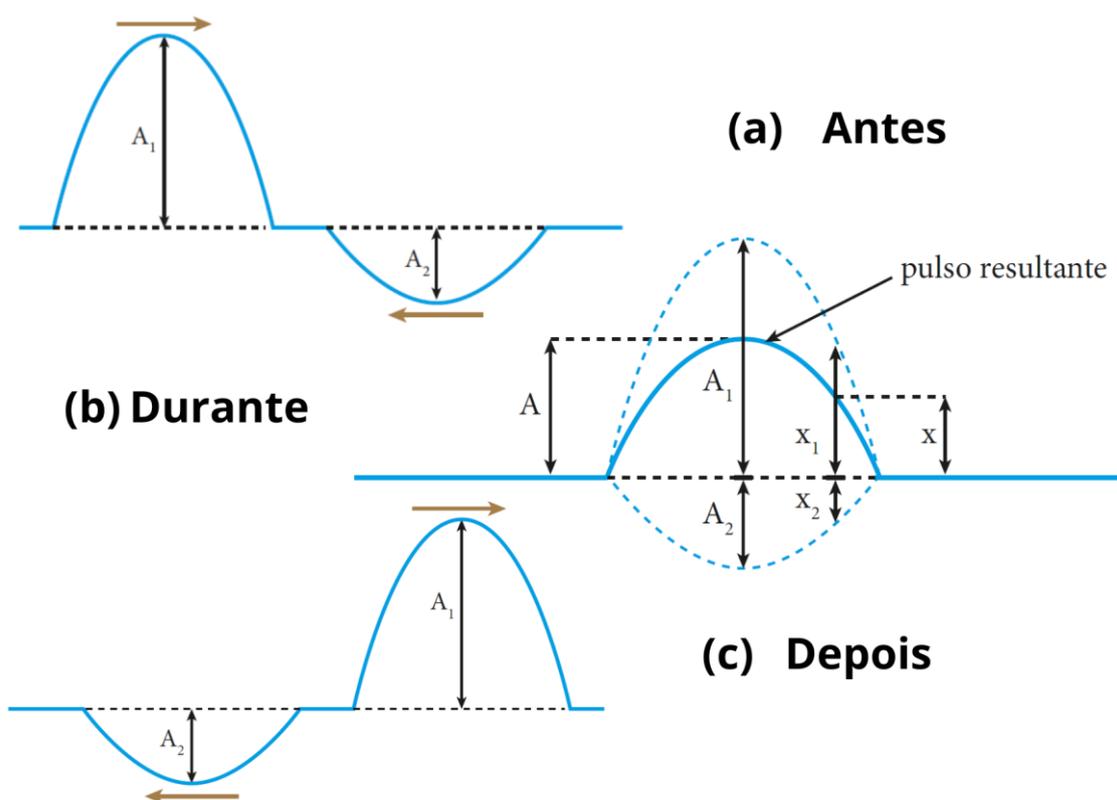


Fonte: Adaptada de Bôas, Doca e Biscuola (2016)

Como apresentado na Figura 15 a crista de duas ondas, com amplitudes diferentes ( $A_1$  e  $A_2$ ) se encontram, resultando em uma interferência construtiva, implicando na soma das duas amplitudes. Após o encontro, as duas ondas voltam aos seus estados iniciais, permanecendo com as mesmas amplitudes.

Diferentemente, a interferência destrutiva acontece quando as ondas estão fora de fase, quando a crista de uma onda superpõe o vale de outra onda, seus efeitos individuais são reduzidos. A parte alta de uma onda simplesmente “preenche a parte baixa da outra” (HEWITT, 2012), como ilustrado na Figura 16.

**Figura 16:** Modelo da interferência destrutiva de ondas verticais



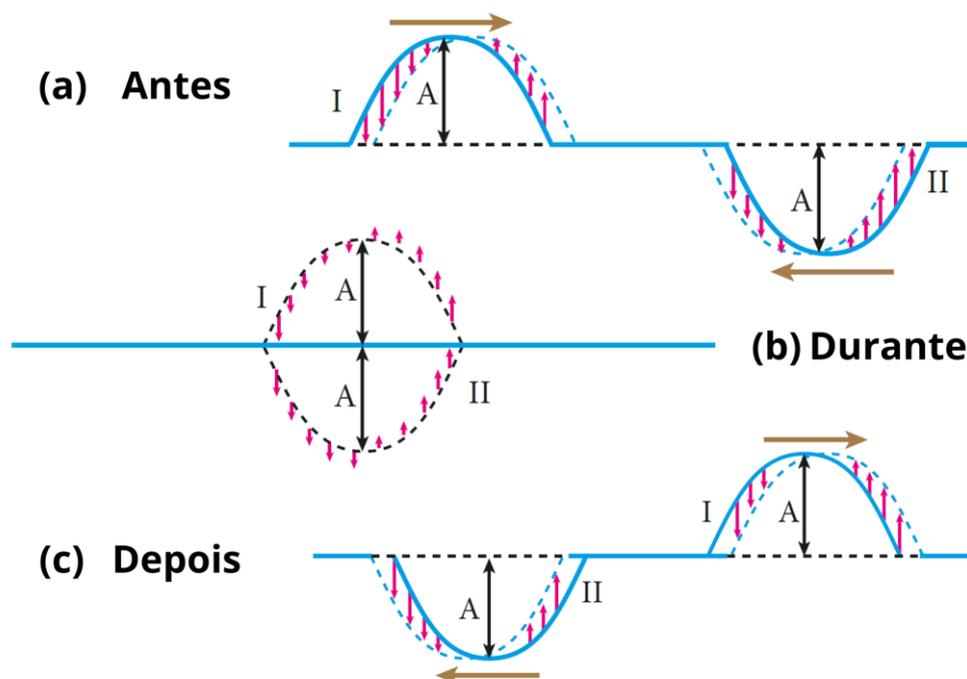
Fonte: Adaptada de Bôas, Doca e Biscuola (2016)

De forma análoga, ocorre o encontro de duas ondas (Figura 16), contudo dessa vez a crista de uma onda encontra o vale de outra, com amplitudes diferentes ( $A_1$  e  $A_2$ ), resultando em uma interferência destrutiva, implicando na subtração das amplitudes. Após o encontro, as duas ondas voltam aos seus estados iniciais, permanecendo com as mesmas amplitudes.

Ainda existe um caso especial de interferência destrutiva quando as amplitudes são iguais. Nesse caso específico, ocorre o encontro e a redução das amplitudes, contudo

como as amplitudes são iguais, o resultado é nulo (Figura 17). É importante destacar que após o encontro as ondas voltam ao estado inicial, apresentando amplitudes iguais.

**Figura 17:** Modelo da interferência destrutiva de ondas verticais - caso especial quando as amplitudes são iguais

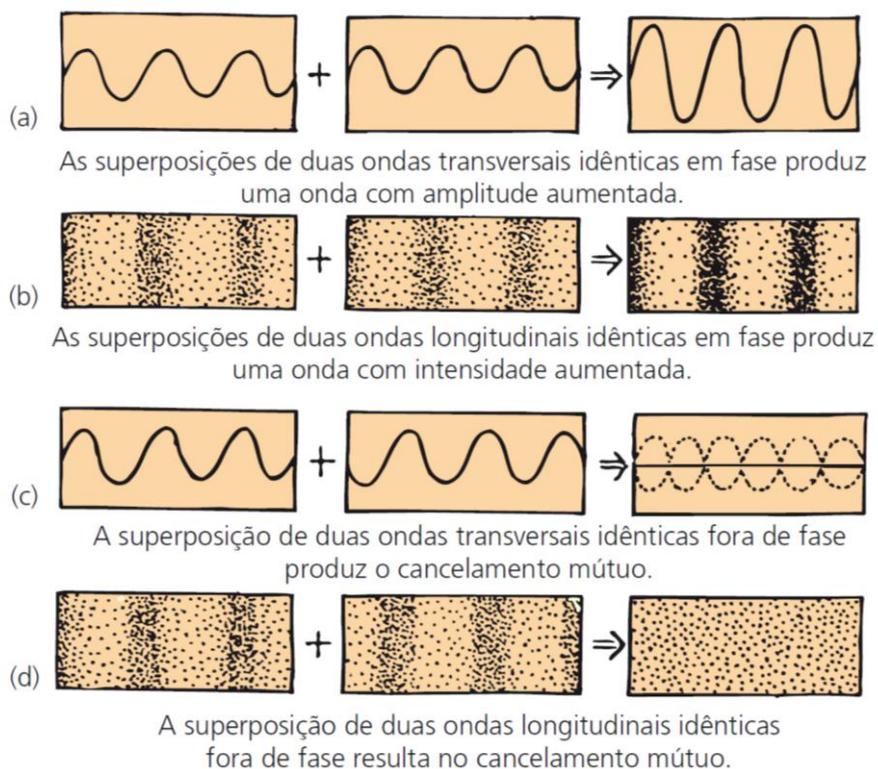


Fonte: Adaptada de Bôas, Doca e Biscuola (2016)

Além disso, temos que os exemplos aqui citados abordaram as ondas verticais, contudo o fenômeno da interferência ocorre com qualquer onda, seja uma onda mecânica, eletromagnética, vertical ou longitudinal (HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2012; BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

Logo, podemos generalizar o fenômeno da interferência, ou superposição, também para as ondas sonoras, como ilustrado na Figura 18.

**Figura 18:** Modelos da interferência construtiva e destrutiva de ondas verticais e longitudinais.



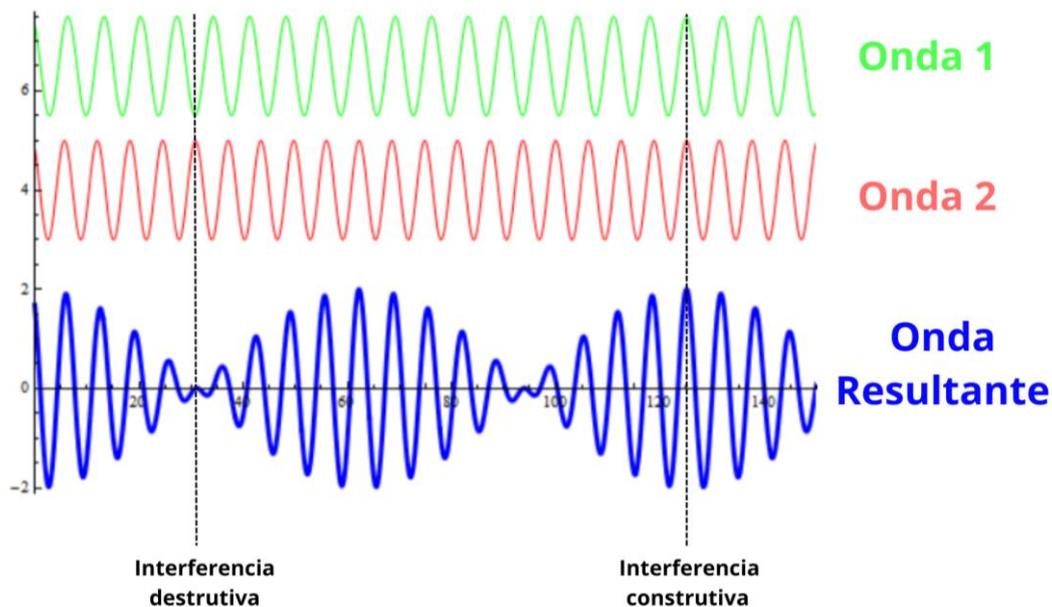
Fonte: Retirado de Hewitt (2015)

A Figura 18a representa o encontro de duas ondas transversais com amplitudes iguais em fase, ou seja, quando ocorre o encontro das duas cristas, implicando numa interferência construtiva que resulta na soma das amplitudes individuais. Já a Figura 18b representa o mesmo encontro com ondas longitudinais com amplitudes iguais em fase, resultando em uma interferência construtiva com aumento da amplitude.

A Figura 18c representa o encontro de duas ondas transversais com amplitudes iguais, porém fora de fase, ou seja, quando ocorre o encontro de uma crista com o vale, implicando numa interferência destrutiva que resulta na redução da amplitude. Nesse caso particular, como as ondas possuem o mesmo valor para a amplitude, o resultado da interferência é uma onda nula. Por fim, temos a Figura 18d representa o mesmo fenômeno da interferência destrutiva com ondas longitudinais com amplitudes iguais fora de fase, resultando em uma interferência destrutiva.

A partir do exposto podemos definir o fenômeno da superposição como a interferências de duas ou mais ondas que resultam em uma conda resultante, ou onda composta (Figura 19).

**Figura 19:** Representação da soma das ondas verticais no fenômeno da superposição

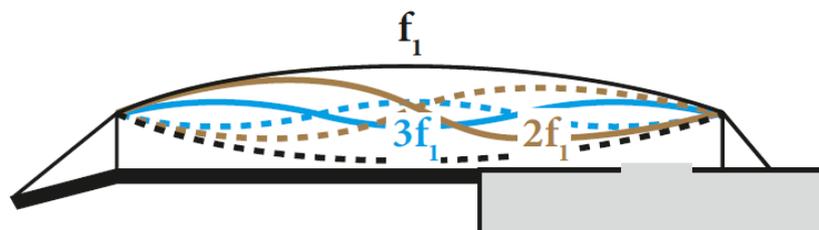


Fonte: Acesso livre

A Figura 19 representa a soma das ondas 1 e 2 no fenômeno da superposição. Temos que no lugar onde ocorre o encontro de duas cristas, vai ocorrer a soma das amplitudes (interferência construtiva). Já no lugar onde ocorre o encontro de uma crista com um vale, vai ocorrer a redução das amplitudes (interferência destrutiva).

Desse modo, as ondas sonoras podem interferir umas nas outras, dando origem às notas musicais. Por exemplo, a corda do violão ao ser pressionada vibra produzindo várias ondas com frequências diferentes, essas ondas sonoras ao se encontrarem se superpõem (Figura 20) dando origem às notas musicais.

**Figura 20:** Esquema da vista panorâmica da produção de notas musicais pelas cordas do violão



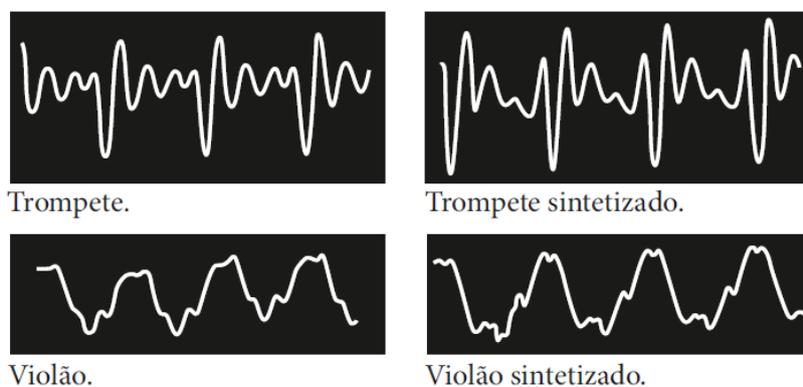
Fonte: Retirado de Bôas, Doca e Biscuola (2016)

A Figura 20 representa a produção de várias ondas com frequências distintas ao perturbar uma corda do violão. Por sua vez, essas ondas sonoras se superpõem formando

uma onda resultante. Cada instrumento musical ao fazer vibrar uma corda ou uma coluna de ar (instrumentos de sopro) produz ondas sonoras particulares com frequências distintas que, após a superposição, resultam em ondas compostas características diferenciadas de um instrumento para outro. Essas formas de onda características são o que chamamos de timbre do som.

A seguir é apresentado a diferença do timbre entre um trompete e um trompete sintetizado, bem como entre um violão e um violão sintetizado.

**Figura 21:** Diferença entre as curvas de timbres de um trompete e de um trompete sintetizado, bem como de um violão e de um violão sintetizado



Fonte: Retirado de Bôas, Doca e Biscuola (2016)

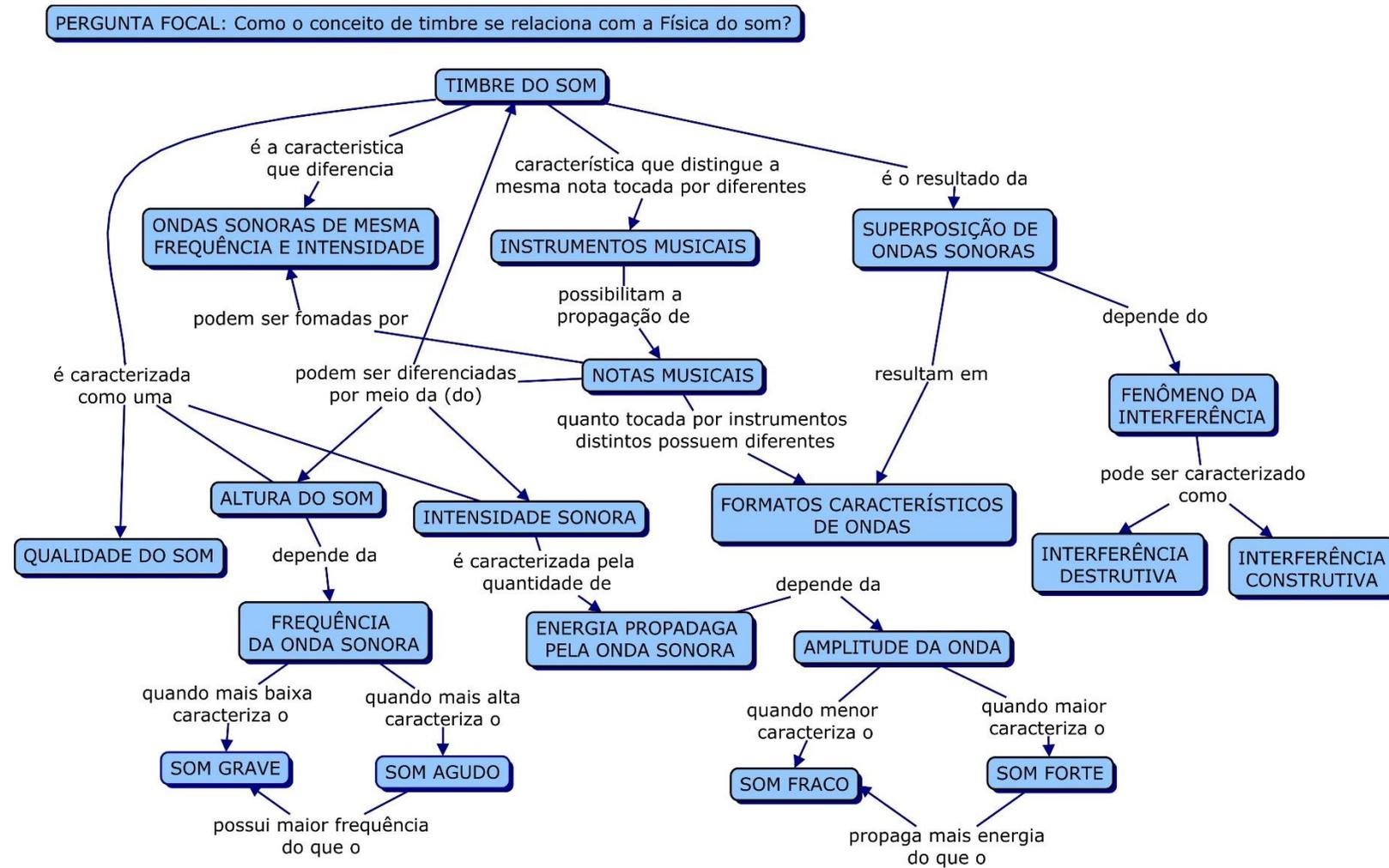
O timbre é uma característica tão particular que até dois violões ou dois pianos podem apresentar timbres diferentes, pois a produção das ondas sonoras depende de várias características físicas dos instrumentos musicais, como o tipo de material e as dimensões. Dessa forma, uma flauta doce de brinquedo possui um timbre diferente de uma flauta doce profissional.

De forma análoga, o timbre não só se refere às ondas sonoras produzidas por um instrumento musical, mas também se refere às ondas sonoras produzidas pelos seres humanos de modo que duas pessoas, por mais parecidas que sejam, como é o caso de gêmeos univitelinos, apresentam timbres diferentes mesmo que seja difícil de distinguir, uma vez que as pregas/cordas vocais são diferentes, além das diferenças presentes nas dimensões do corpo.

Com o objetivo de resumir os principais conceitos necessários para explicar o conceito de timbre, a seguir é apresentado mapa conceitual com o objeto de responder a

seguinte pergunta focal: “como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, apresentado na Figura 22.

**Figura 22:** Mapa conceitual com a pergunta focal: como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Desse modo, a pesquisa desenvolvida busca analisar a construção do conceito de timbre do som a partir da implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com estudantes do terceiro ano do ensino médio.

### **CAPÍTULO 3: CAMINHO METODOLÓGICO**

Na pesquisa em ensino, concordamos com a visão defendida por Ghedin e Franco (2011, p.40), em que afirmam, que o processo educativo “[...] possui certa especificidade que lhe outorga o caráter de atividade complexa, caráter esse que precisa ser contemplado nas investigações científicas sobre o objeto em questão”. Dialogando com os autores, acreditamos que o processo de ensino e aprendizagem se caracteriza como uma atividade complexa e de modo a contemplar toda essa complexidade optou-se em utilizar a abordagem qualitativa.

Além disso, Queiroz (2006) afirma que o pesquisador ao lidar com ações e fatos relacionados ao comportamento, inclusive conceitos e produtos, que envolvam a ação do homem, está lidando com palavras, gestos, arte, músicas e vários outros fatores carregados de simbolismo que não podem ser facilmente quantificados, mas sim interpretados de forma particular, levando em consideração as particularidades de cada contexto.

De mesmo modo, segundo Oliveira (2018), a abordagem qualitativa facilita a complexidade de problemas e hipóteses, a classificação de determinados processos sociais e a descrição detalhada de fatos e fenômenos observados. Além de oferecer contribuições no processo de criação, mudança ou formação de opiniões de grupos e interpretação dos comportamentos e/ou atitudes de indivíduos.

Partindo do nosso objetivo geral de analisar a construção do conceito de timbre do som a partir da implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), definimos o nosso tipo de pesquisa como sendo uma pesquisa participante.

Thiollent descreve a pesquisa participante como:

“[...] um tipo de pesquisa baseado numa metodologia de observação participante na qual os pesquisadores estabelecem relações comunicativas com pessoas ou grupos da situação investigada com o intuito de serem melhor aceitos. Nesse caso, a participação é sobretudo dos pesquisadores e consiste em aparente identificação com os valores e os comportamentos que são necessários para a sua aceitação pelo grupo considerado. (THIOLLENT, 2011, p. 21).

Dialogando com o objetivo geral da pesquisa e com a definição apresentada por Thiollent (2011), temos que na pesquisa participante, o pesquisador coloca-se numa postura no qual passa a interagir com os sujeitos da pesquisa em todas as situações, acompanhando suas ações. Além de observar as situações vividas, possui o papel de registrar descritivamente todos os elementos observados, bem como as análises e considerações que aconteceram ao longo dessa participação (SEVERINO, 2013).

### 3.1 CAMPO E ATORES SOCIAIS DA PESQUISA

O campo desta pesquisa se caracterizou por ser uma Escola de Referência em Ensino Médio (EREM), localizada na Região Metropolitana do Recife-PE. Essa escola foi escolhida devido ao vínculo do pesquisador durante a graduação em Licenciatura em Física quando participou do Programa Residência Pedagógica (PRP), como também o professor de Física efetivo da escola atuou no PRP como professor Preceptor do pesquisador durante o projeto, no período de 2018 a 2020.

Além do vínculo por causa do PRP, o professor de Física possui qualificações profissionais que demonstraram ser pertinentes para a pesquisa, como ser Licenciado em Física e Mestre em Ensino de Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física desenvolvendo seu produto educacional para o ensino dos conteúdos de Acústica, além de estar atualmente no curso de doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Rede Nordeste de Ensino (RENOEN). O professor possui 21 anos de experiência em sala de aula, atuando nos últimos 15 anos no cargo de Professor de Física efetivo da secretaria de educação de Pernambuco. Como também atuou como professor Supervisor do Programa de Iniciação à Docência (PIBID) de 2020 a 2022.

A EREM possui duas turmas da 3ª série do Ensino Médio, nomeadas de 3º A e B. A pesquisa foi realizada com os estudantes do 3º A porque os horários da disciplina de Física eram compatíveis com os horários disponíveis do pesquisador, além disso os horários das aulas estavam distribuídos em dias consecutivos e germinados, facilitando a aplicação da pesquisa, uma vez que os estudantes tiveram que fazer as atividades dentro do tempo de aula.

As aulas da disciplina de Física da turma 3º A eram organizadas por quatro aulas de 50 minutos, sendo duas aulas geminadas na segunda-feira no turno da manhã das 10:20 às 12:00 e duas aulas geminadas na terça-feira no turno da tarde das 13:00 às 14:40.

Conforme os princípios éticos que regem a pesquisa científica, a participação dos atores sociais esteve condicionada a autorização dos estudantes maiores de idade, por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para o caso dos estudantes maiores de idade ou emancipados – APÊNDICE B, como também a autorização dos responsáveis por meio do TCLE para o caso dos estudantes menores de idade – APÊNDICE C, além da autorização dos próprios estudantes menores de idade através da assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) – APÊNDICE D. Do mesmo modo, seguindo os princípios éticos, também foi solicitado ao gestor da EREM a assinatura da carta de anuência – APÊNDICE E, autorizando a aplicação do projeto no ambiente escolar.

No total, participaram da intervenção em sala 38 estudantes, nomeados como A1 a A38. Como a participação dos estudantes foi atrelada a autorização por meio da assinatura do TCLE e do TALE, os dados de oito estudantes foram excluídos da pesquisa por falta de autorização, sendo coletados os dados de 30 estudantes. Contudo, como a pesquisa ocorreu no período das aulas da disciplina, os estudantes sem autorização não foram excluídos das atividades, participaram normalmente das aulas, apenas tiveram seus dados excluídos da análise.

## 3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos escolhidos buscaram levantar os dados da pesquisa a fim de termos argumentos para responder nossos objetivos específicos. Dentre as estratégias a serem utilizadas estão a coleta de documentos e questionário aberto.

### 3.2.1 Coleta de documento

Com o objetivo de identificar o processo de construção do conceito de timbre do som, bem como as evidências de aprendizagem significativa ao longo da aplicação da UEPS, utilizaremos a técnica da coleta de documentos, sugerida por Ludke e André (2013, p. 39):

Quando o interesse do pesquisador é estudar o problema a partir da própria expressão dos indivíduos, ou seja, quando a linguagem dos sujeitos é crucial para a investigação. Nesta situação incluem-se todas as formas de produção do sujeito em forma escrita, como redações, dissertações, testes projetivos, diários pessoais, cartas, etc.

Alinhado com o pensamento dos autores, entendemos que as produções dos estudantes nos permitem coletar dados para responder à questão de pesquisa. No Quadro 4 é destacado as produções dos estudantes ao longo das etapas da UEPS.

**Quadro 4:** Produtos coletados que foram produzidos pelos estudantes

<b>MOMENTO DA COLETA</b>	<b>PRODUTO GERADO</b>	<b>TIPO DE ATIVIDADE</b>
III Etapa	Mapa conceitual inicial (MC-Inicial)	Parte em conjunto e individual
IV Etapa	1º Situação-problema (1º SP)	Colaborativa
V Etapa	Mapa conceitual colaborativo 1 (MC-1)	Colaborativa
	Mapa conceitual colaborativo 2 (MC-2)	Colaborativa
VI Etapa	2º Situação-problema (2º SP)	Colaborativa
VII Etapa	Mapa conceitual colaborativo 3 (MC-3)	Colaborativa
	Mapa conceitual colaborativo 4 (MC-4)	Colaborativa
VIII Etapa	Questionário Aberto (QA)	Individual

Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Cada etapa da UEPS será explicada com mais profundidade na seção de implementação da UEPS. As etapas I, II e IX não estão presentes no quadro acima porque não têm como objetivo gerar produtos para análise. Os produtos coletados foram os mapas conceituais, as resoluções das situações-problema e o questionário aberto, desenvolvidos em momentos individuais e colaborativos.

Antes de prosseguir com o objetivo da coleta de documentos, se faz necessário definir o que esta pesquisa trata como situação-problema. Pozo e Crespo (2006) classificam os tipos de problemas em três: problemas qualitativos, problemas quantitativos e pequenas pesquisas. Este trabalho adota a utilização de problemas qualitativos que dialogam com a forma de avaliação da UEPS proposta por Moreira (2011b).

Os problemas abertos são caracterizados pela necessidade de explicar fatos, situações cotidianas e científicas, interpretando-as por meio dos conhecimentos pessoais e/ou pelos conceitos científicos (POZO; CRESPO, 2006). Os autores ainda descrevem que esses tipos de problemas são úteis para estimular os estudantes a relacionarem os modelos científicos com os fenômenos apresentados, auxiliando em suas interpretações.

Convergindo com Pozo e Crespo (2006), Meirieu (1998) define a situação-problema como uma:

[...] situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. Esta aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá ao vencer o obstáculo na realização da tarefa (MEIRIEU, 1998, p. 192).

Portanto, essa pesquisa adota a visão de Meirieu (1998) sobre situação-problema. No qual foram propostas situações-problema caracterizadas por serem qualitativas conforme as orientações de Moreira (2011b). Segundo Meirieu (1998), antes da construção de uma situação-problema, o professor deve se perguntar: Qual é o meu objetivo? O que quero que o aluno adquira? Qual a tarefa? Que dispositivo devo usar? Quais são as instruções alvo? (MEIRIEU, 1998).

Uma vez definido o que entendemos como situação-problema podemos apresentar o objetivo da coleta de documentos. A coleta de documentos visa identificar os conhecimentos prévios, bem como analisar a elaboração dos processos cognitivos da diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, ao longo da implementação da UEPS, para uma aprendizagem significativa.

### **3.2.2 Questionário aberto**

De forma a identificar possíveis contribuições e limitações do processo de implementação da UEPS, bem como avaliar a compreensão dos conceitos trabalhados com os estudantes, propomos a aplicação de um questionário aberto – presente no APÊNDICE F. Nesse tipo de questionário, o pesquisador elabora as perguntas e os sujeitos da pesquisa respondem de forma livre. Oliveira (2018, p. 83) escreve que “o questionário é uma técnica de coleta para a obtenção de informações sobre sentimento, crenças, expectativas, situações vivenciadas e sobre todo e qualquer dado que o pesquisador (a) deseja registrar para atender os objetivos de seu estudo”.

Desta forma, o questionário aberto visa com base no argumento de todos os estudantes verificar possíveis contribuições e limitações do processo de aplicação da UEPS para uma aprendizagem significativa crítica, bem como a avaliação da compreensão dos conceitos trabalhados em sala de aula.

A seguir relacionamos, no Quadro 5, os instrumentos de pesquisa com os nossos objetivos específicos.

**Quadro 5:** Instrumentos de pesquisa e objetivos específicos

OBJETIVO	INSTRUMENTO
Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados com o conceito de timbre do som.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise do mapa conceitual inicial.</li> </ul>
Analisar a elaboração dos processos cognitivos da diferenciação progressiva e a reconciliação integradora para uma aprendizagem significativa;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise dos mapas conceituais colaborativos 1, 2, 3 e 4;</li> <li>• Questionário aberto.</li> </ul>
Verificar possíveis contribuições e limitações do processo de aplicação da UEPS para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionário aberto.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

A partir da especificação dos instrumentos de coleta de dados vamos descrever agora como ocorrerá a análise dos dados.

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Nesta seção vamos apresentar como foram analisados os dados coletados ao longo da UEPS. Destaca-se que optamos em realizar um recorte dos dados, retirando os dados das situações-problema e permanecendo com os dados do mapa conceitual inicial, dos mapas conceituais colaborativos e o questionário aberto, dessa forma, a análise ocorreu de diferentes formas devido à natureza do documento.

#### 3.3.1 Análise do mapa conceitual inicial

Para análise qualitativa do MC-Inicial adaptamos a análise conceitual das proposições de mapas conceituais, elaborado por Conceição e Correia (2020) que consiste na análise e interpretação do conteúdo presente nas proposições. Essa análise possui o objetivo de identificar os conhecimentos prévios por meio dos conceitos apresentados e as relações construídas para responder à Pergunta Focal: *Como os conceitos de Física se relacionam com a música?*

As proposições do MC-Inicial foram agrupadas em três categorias: Subsunçor presente (SP), Subsunçor mal definido (SMD) e Subsunçor ausente, conforme o Quadro 6. Logo, depois as proposições foram analisadas à luz dos referenciais teóricos pertinentes.

#### Quadro 6:

 Parâmetro para classificação das proposições do MC-Inicial

CATEGORIA	PARÂMETRO
Subsunçor presente (SP)	Proposições que apresentam conhecimentos prévios adequados, de modo a possibilitar a ancoragem de novas informações de forma não arbitrária e substancial

Subsunçor mal definido (SMD)	Proposições que apresentam conhecimentos que estão ligados ao contexto da situação, porém esses conceitos não estão correlacionados corretamente entre si, dificultando a ancoragem cognitiva de novas informações de forma adequada.
Subsunçor ausente (SA)	Proposições que apresentam conhecimentos prévios inadequados ou sem relevância ao contexto da situação, de modo a não possibilitar a ancoragem de novas informações de forma não arbitrária e substancial

Fonte: Elaborado pelo autor (2013) segundo Cardoso e Dickman (2012)

Além disso, para identificar os conhecimentos prévios também foi analisado as explicações individuais do MC-Inicial de cada estudante, sendo adotado a análise de conteúdo de Bardin (2016), seguindo suas cinco etapas principais: (I) Organização da análise; (II) A codificação; (III) A categorização; (IV) A inferência; e (V) A informatização da análise das comunicações.

A etapa da organização da análise possui o objetivo de organizar o material para as próximas etapas e a construção do corpus de pesquisa. Para alcançar esse objetivo, Bardin (2016) apresenta três pontos cronológicos: a pré-análise; a exploração do material; o tratamento dos resultados e a interpretação. Nosso corpus de pesquisa foi construído por meio das explicações individuais do MC-Inicial, levando em consideração a regra da exaustividade, regra da representatividade, regra da homogeneidade e a regra da pertinência.

Segundo a autora, a etapa da codificação visa transformar e agregar os dados em unidades, de forma sistemática, tendo o objetivo de permitir uma descrição exata das características principais do conteúdo investigado. Esse processo segue três escolhas: (I) o recorte: escolha das unidades; (II) a enumeração: escolha das regras de contagem; e (III) a classificação e a agregação: escolha das categorias.

Nessa etapa temos a escolha das unidades que se dividem em unidades de registro e de contexto. Bardin (2016, p.134) apresenta que a unidade de registro “[...] É a unidade de significação codificada e corresponde ao segmento de conteúdo considerado unidade de base, visando a categorização e a contagem frequência”. A natureza da unidade de registro pode ser variada, sendo as mais usadas: a palavra; o tema; o objeto ou referente; o personagem; o acontecimento; o documento. Esta análise utiliza como natureza da unidade de registro o tema.

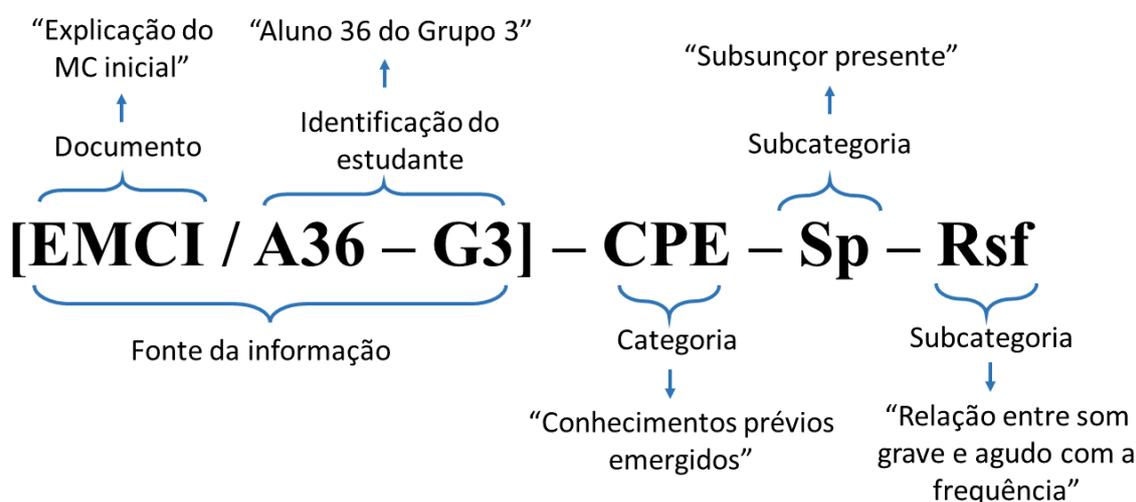
Já a unidade de contexto, segundo a autora, corresponde a um segmento da mensagem que é usado para compreender o significado exato da unidade de registro

(BARDIN, 2016). Nessa análise utilizamos recortes das explicações individuais do MC-Inicial.

A etapa da categorização é um processo de classificação onde elementos pertencentes ao um junto é reagrupado segundo critérios previamente definidos. As categorias reúnem um grupo de elementos (unidades de registro) que possuem características comuns entre si sob um título genérico (BARDIN, 2016). A autora sugere que essas categorias devem seguir um conjunto de qualidades, sendo elas: a exclusão mútua, a homogeneidade, a pertinência, a objetividade e a fidelidade e, por fim, a produtividade.

A partir do exposto na Figura 23 é apresentado um exemplo da codificação usada para organizar as unidades de contexto e registro, bem como as categorias e as subcategorias para a análise dos dados.

**Figura 23:** Exemplo da codificação usada na análise das explicações individuais do MC-Inicial



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Bardin (2016)

A codificação inicia com os elementos que representam a fonte da informação. O código "EMCI" representa que o arquivo a ser analisado é a explicação individual do MC-Inicial, sendo complementado pelo código "A36", ou seja, temos que essa unidade de registro e contexto foi retirada da explicação do MC-Inicial do aluno 36, do Grupo 3. Depois do hífen temos a representação da categoria que é sempre codificada por letras maiúsculas e logo após temos a representação das subcategorias que são sempre codificadas com a primeira letra maiúscula e as demais minúsculas.

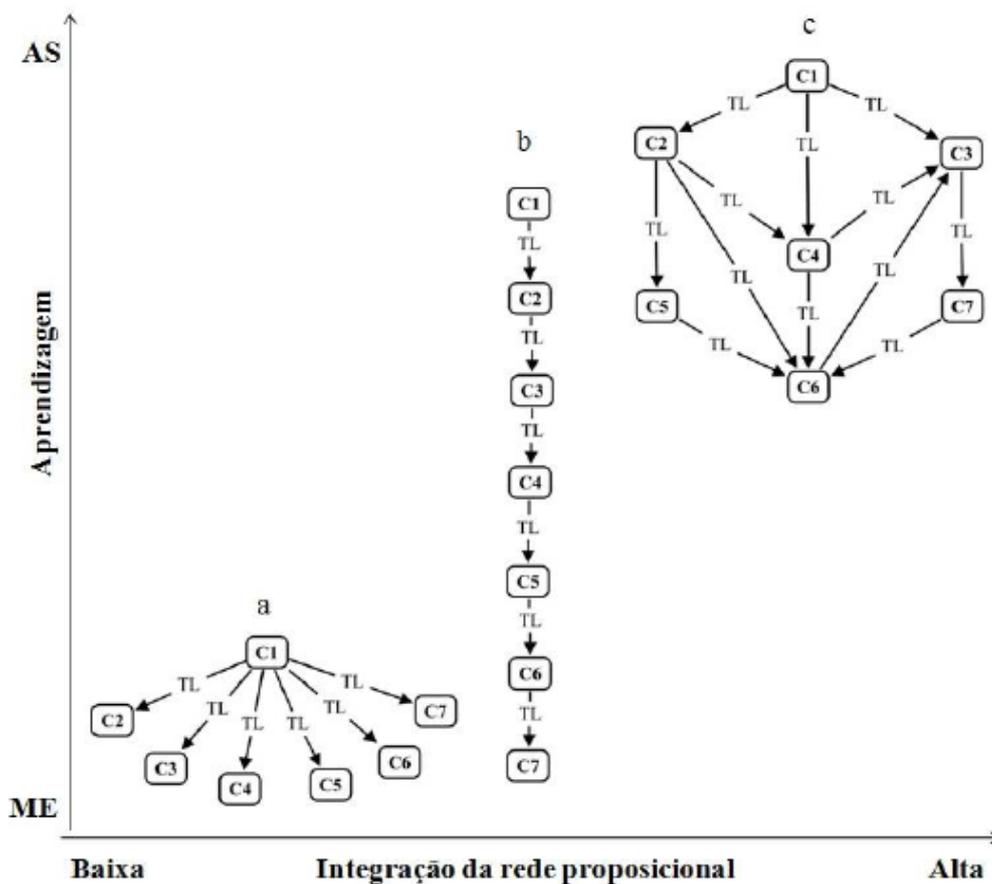
### 3.3.2 Análise qualitativa dos mapas conceituais colaborativos 1, 2, 3 e 4

Para a análise dos mapas colaborativos 1, 2, 3 e 4 adaptou-se três tipos de análise, análise estrutural, análise do conteúdo conceitual das proposições e análise da rede proporcional frente à pergunta focal, presentes na literatura (AGUIAR; CORREIA, 2013; CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020; VIANA, 2016).

#### 3.3.2.1 Análise estrutural

A nossa adaptação da análise estrutural, realizada por Viana (2016), tem o objetivo de identificar e agrupar os mapas conceituais de acordo com o tipo de estrutura de conhecimento (estrutura radial, linear ou em rede), proposta por Kinchin, Hay e Adams (2000), relacionando com o nível de aprendizagem. A Figura 24 apresenta um esquema sobre a relação entre os tipos de estruturas de conhecimento e a forma de aprendizagem escolhida pelo estudante.

**Figura 24:** Representação dos três tipos de estruturas de conhecimento: (a) radial, (b) linear e (c) rede.



Fonte: Retirado de Mendes, Cicuto e Correia (2013)

A estrutura de conhecimento radial (figura 23a) é caracterizada por ter todas as proposições do mapa conceitual relacionados diretamente ao conceito inicial, além disso as proposições não estão ligadas diretamente umas com as outras (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Desse modo, Aguiar e Correia (2013) afirmam que esse tipo de estrutura de conhecimento implica dizer que o mapeador tem pouco conhecimento sobre o tema, sugerindo uma aprendizagem mecânica, marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

A estrutura de conhecimento linear (figura 23b) é marcada pelo encadeamento sequencial de conceitos, em que cada conceito está ligado apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Esse tipo de estrutura de conhecimento implica que o mapeador já possui um entendimento suficiente sobre o tema para criar novas relações entre os conhecimentos (AGUIAR; CORREIA, 2013). Contudo, a estrutura radical também caracteriza uma aprendizagem mecânica, uma vez que o estudante apresenta uma aprendizagem superficial, derivada da memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2012).

A estrutura de conhecimento em Rede (Figura 23c) é caracterizada por ter uma rede de conceitos altamente integrada e hierárquica implicando numa profunda compreensão do tema (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Esse tipo de estrutura de conhecimento apresenta uma maior complexidade, pois é estruturada por uma quantidade maior de conceitos e relações entre conceitos, ainda que essas ligações não sejam adequadas (CORREIA et al., 2016). Além disso, essa aprendizagem profunda sugere uma aprendizagem significativa pelo estudante, marcada pela atribuição de significado de forma substancial e não-arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Dessa forma, vamos agrupar os mapas conceituais conforme sua estrutura de conhecimento, classificando os mapas em três categorias: “estrutura radial”, “estrutura linear” e “estrutura em rede”, conforme os parâmetros descritos no Quadro 7.

**Quadro 7:** Parâmetro dos tipos de estrutura de conhecimento

CATEGORIA	PARÂMETRO
Estrutura Radial	Todas as proposições do mapa conceitual estão relacionadas diretamente ao conceito inicial, além disso as proposições não estão ligadas diretamente umas com as outras e não apresentam ligações cruzadas.
Estrutura Linear	Encadeamento sequencial de conceitos, em que cada conceito está ligado apenas àqueles imediatamente acima e abaixo, de forma a não apresentar ligações cruzadas.

Estrutura em Rede	Possui maior quantidade de conceitos e relações entre conceitos, de forma a apresentar ligações cruzadas, além de possuir mais níveis hierárquicos.
-------------------	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) segundo Aguiar e Correia (2013), Correia et al. (2016), Kinchin, Hay e Adams (2000) e Viana (2016)

Posteriormente, as estruturas dos mapas conceituais 1, 2, 3 e 4 foram analisadas à luz dos referenciais teóricos pertinentes.

### 3.3.2.2 Análise conceitual das proposições

Uma vez categorizado os mapas conceituais, conforme sua estrutura de conhecimento, é o momento de investigar o conteúdo presente nas proposições, dessa forma identificando os conceitos construídos corretamente, de acordo com a literatura, e as Estruturas Hierárquicas Inapropriada ou Limitadas (LIPHs), por meio da adaptação da análise conceitual das proposições, realizadas por Viana (2016) e Conceição e Correia (2020). As proposições dos mapas conceituais colaborativos foram agrupadas em três categorias: “proposições limitadas”, “proposições inapropriadas” e “proposições apropriadas”, conforme a Quadro 8.

#### Quadro 8: Parâmetro para a classificação das proposições dos mapas conceituais

CATEGORIA	PARÂMETRO
Proposições limitadas	Quando o conteúdo semântico não é inteligível, impedindo que o leitor do mapa compreenda como o mapeador relaciona os conceitos. Esse tipo de proposição é mais frequente quando os alunos ainda não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual. Ex: “ <i>Mais tecnologia – juntamente com → Ciência</i> ”, “ <i>telescópio – que permitiu a observação com mais clareza das → estrelas</i> ”, “ <i>Geocêntrica para Heliocêntrica – isso transformou a visão de mundo de → todo meio científico</i> ”, “ <i>teorias – de como surgiu o → Universo</i> ” e “ <i>telescópio → observação</i> ”.
Proposições inapropriadas	Quando o conteúdo semântico é inteligível, mas conceitualmente incorreto de acordo com o conhecimento científico de referência. Ex: “ <i>Telescópio – evidencia o → Big Bang</i> ”, “ <i>evidências – fundamentam → descobertas</i> ” e “ <i>avanços científicos – facilitam → descobrimentos científicos</i> ”.
Proposições apropriadas	Quando o conteúdo semântico é inteligível e conceitualmente correto de acordo com o conhecimento científico de referência. Ex: “ <i>Telescópio – facilitou a observação de → Galáxias</i> ”, “ <i>mais tecnologia – gera → melhores instrumentos</i> ” e “ <i>mais tecnologia – viabiliza a observação de novas → evidências</i> ”.

Fonte: Adaptado de Conceição e Correia (2020)

Posteriormente, as proposições dos mapas conceituais foram analisadas à luz dos referenciais teóricos pertinentes.

### 3.3.2.3 Análise da rede proposicional frente à pergunta focal

Não basta o mapa conceitual apresentar proposições adequadas para implicar que a atividade foi finalizada com sucesso. Por isso, essa última análise visa identificar se o

conjunto das proposições dos mapas conceituais colaborativos construídos respondem à pergunta focal proposta pelo professor, por meio da adaptação da análise da rede proposicional frente à pergunta focal, realizadas por Viana (2016) e Conceição e Correia (2020).

A análise da rede proposicional dos mapas conceituais colaborativos buscou responder se os MCs produzidos apresentam fuga parcial, total do tema ou se responde à pergunta focal: *Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?* A partir da análise os mapas conceituais foram classificados em duas categorias: “responde à pergunta focal” e “não responde à pergunta focal”. No Quadro 9 é apresentada as categorias.

**Quadro 9:** Categorias da análise da rede proposicional frente à pergunta focal

CATEGORIA	PARÂMETRO
Responde à pergunta focal	O conjunto de conceitos e proposições foi relevante para responder à pergunta focal, mesmo apresentando fuga parcial do tema.
Não responde à pergunta focal	O conjunto de conceitos e proposições que não foi relevante para responder à pergunta focal, se enquadrando na fuga total do tema.

Fonte: Elaborado pelo autor (2013) segundo Aguiar e Correia (2013) e Viana (2016)

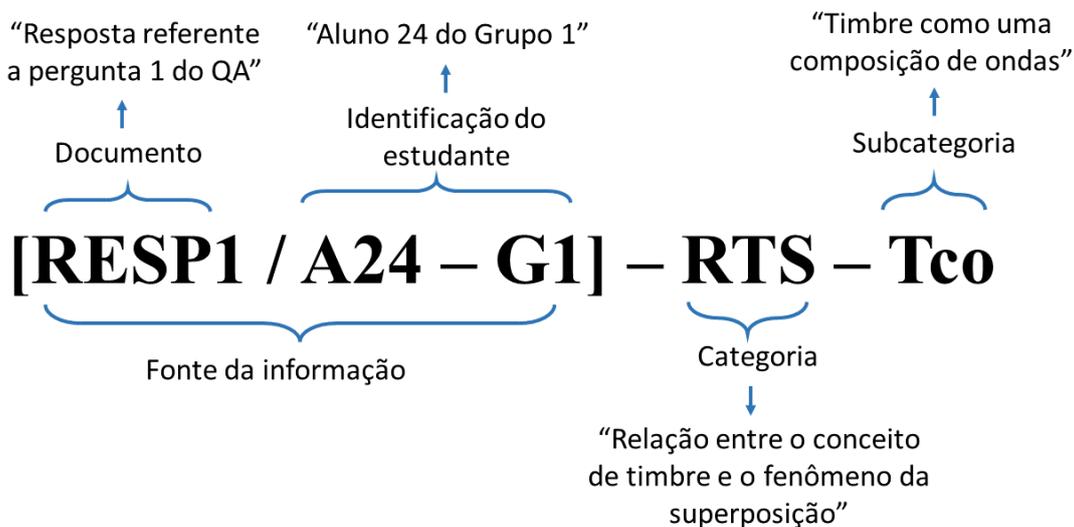
Posteriormente, os mapas conceituais foram analisados à luz dos referenciais teóricos pertinentes.

### 3.3.3 Análise do questionário aberto

Por último, buscando identificar a compreensão dos estudantes sobre o conceito de timbre do som ao final da intervenção, analisou-se o questionário aberto com perguntas tanto sobre os conteúdos conceituais, mas também sobre alguns momentos da intervenção. Para alcançar esse objetivo, investigou-se as respostas do questionário aberto, de acordo com os critérios da análise de conteúdo de Bardin (2016). Dessa forma, pretende-se buscar evidências de possíveis contribuições e limitações para uma aprendizagem significativa crítica com base nos argumentos dos estudantes sobre a aplicação da UEPS.

Desse modo, o corpus de pesquisa foi construído por meio das respostas do questionário aberto. A Figura 25 apresenta um exemplo da codificação usada para organizar as unidades de contexto e registro, bem como as categorias e as subcategorias para a análise dos dados do questionário aberto.

**Figura 25:** Exemplo da codificação usada na análise das respostas do questionário aberto.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Bardin (2016)

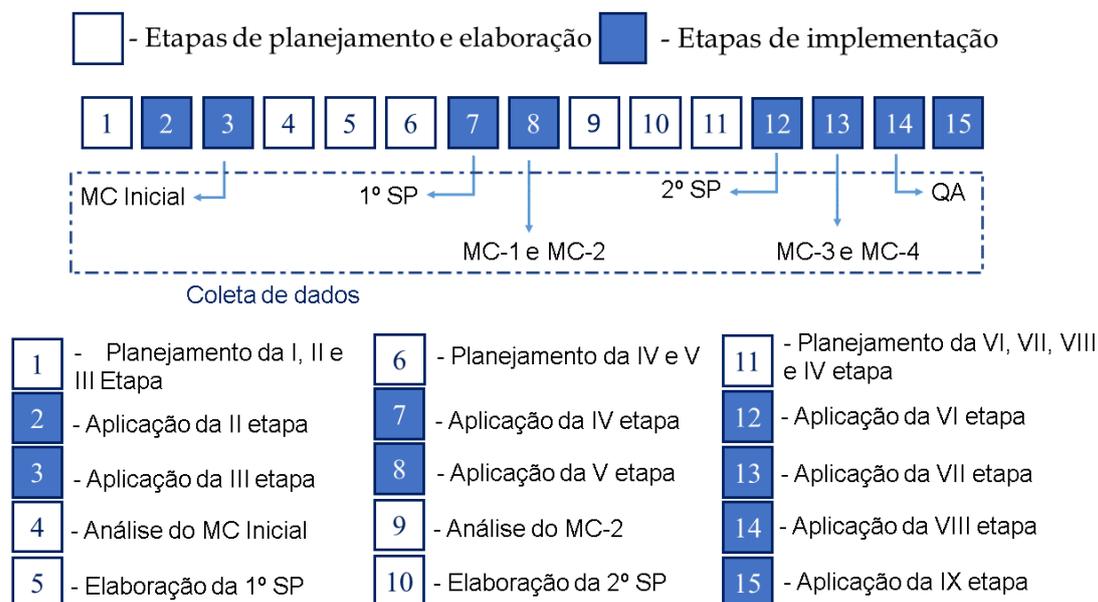
A codificação inicia com os elementos que representam a fonte da informação. O código “RESP1” representa que o arquivo a ser analisado é a resposta da primeira pergunta do QA, sendo complementado pelo código “A24 – G1”, ou seja, temos que essa unidade de registro e contexto foi retirada da explicação do aluno 24, do Grupo 1. Depois do hífen temos a representação da categoria que é sempre codificada por letras maiúsculas e logo após temos a representação da subcategoria que é sempre codificada com a primeira letra maiúscula e as demais minúsculas.

Posteriormente, as respostas foram analisadas à luz dos referenciais teóricos pertinentes.

### 3.4 INTERVENÇÃO

A seguinte pesquisa tem como objetivo analisar a construção do conceito de timbre do som, a partir da implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com estudantes da terceira série do Ensino Médio da Rede Estadual de Ensino.

A UEPS foi desenvolvida no período de 13 de abril a 14 de junho de 2022. A aplicação da pesquisa foi dividida em dois períodos distintos que aconteceram durante todo período da pesquisa, de forma simultânea, conforme observado na Figura 26.

**Figura 26:** Etapas de planejamento e aplicação da UEPS

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Esses momentos de planejamentos e aplicação ocorrem em conjunto com o professor de Física da EREM.

### 3.4.1 Primeiro momento: Etapas de planejamento da UEPS

O **primeiro encontro para o planejamento** da UEPS ocorreu no dia 13/04/2022, sendo realizado de forma remota por meio da Plataforma *Google Meet* com o professor de Física, de modo a apresentar uma visão geral da pesquisa, bem como o planejamento inicial de cada etapa da UEPS, deixando o professor ciente que esse planejamento iria servir como guia e que iríamos marcar um encontro presencial para fazer algumas modificações conforme as opiniões e sugestões do professor.

Conforme a disponibilidade do professor de Física, o segundo encontro aconteceu no dia 25/04/2022 de forma presencial na sala do Núcleo SEMENTE/GPEA no departamento de Química da UFRPE. No primeiro momento, o pesquisador lembrou ao professor que o objetivo da primeira etapa é definir os tópicos do conteúdo ou conceitos que serão abordados na construção da UEPS. Em nosso caso, para guiar a escolha procuramos responder à pergunta: *Quais conceitos são necessários para compreender o conceito de timbre do som?*

O professor explicou que, conforme seu planejamento semanal, os conceitos fundamentais da ondulatória (classificação da onda, formas de propagação e características da onda) já teriam sido trabalhados em sala de aula e que nas aulas dos dias 02 e 03/abril iria fazer uma introdução à acústica, abordando algumas qualidades fisiológicas do som: altura do som e intensidade sonora.

A partir do planejamento semanal do professor, adaptamos a proposta da UEPS com os conceitos de interferência e superposição de ondas sonoras. Esses conceitos, segundo o professor, são necessários para compreender o conceito de timbre do som. Além desses, organizamos a UEPS para trabalhar as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade e timbre do som) durante a etapa da reconciliação integradora.

Agendamos com o professor de Física uma visita ao EREM nos dias 02 e 03 de abril, para apresentar o projeto ao gestor da escola e pedir a sua autorização para a aplicação da pesquisa no ambiente escolar, bem como apresentar a pesquisa aos estudantes. Além disso, organizamos o cronograma da implementação da UEPS conforme o calendário escolar, começando com a aula de ambientação dos mapas conceituais (II Etapa) e a situação inicial com a coleta dos conhecimentos prévios (III Etapa).

No dia 02 de abril, realizamos a visita ao gestor da escola que após o pesquisador explicar seu trabalho autorizou a aplicação do projeto, por meio da assinatura e entrega da carta de anuência. Nesse mesmo dia o pesquisador apresentou sua pesquisa à turma do 3º A e convidou os estudantes a participarem da pesquisa.

Durante o encontro com a turma, o pesquisador informou que nenhum estudante era obrigado a participar da pesquisa, conforme os princípios éticos, e por isso precisava da autorização deles e dos seus responsáveis por meio da assinatura dos TCLEs e do TALE. Antes dos estudantes assinarem, o pesquisador entregou os termos para cada aluno de acordo com o seu perfil, depois leu e explicou cada documento com a ajuda do professor de Física.

Sete estudantes deixaram de entregar a autorização e um não recebeu autorização dos seus responsáveis. Como a pesquisa ocorreu no horário das aulas da disciplina de

Física, esses estudantes participaram normalmente das atividades, contudo seus dados foram excluídos da análise dos dados.

A **segunda etapa do planejamento** foi realizada após a implementação da aula de ambientação dos mapas conceituais e da situação inicial com a coleta dos conhecimentos prévios, ocorrendo nos dias 09 e 10 de abril, respectivamente. A análise do mapa conceitual inicial (MC-Inicial) foi realizada adaptando a análise qualitativa das proposições dos mapas conceituais, elaborado por Conceição e Correia (2020), tendo o objetivo de identificar os conceitos e conhecimentos prévios dos estudantes de modo a guiar o planejamento das próximas etapas.

A partir da análise dos conhecimentos prévios dos estudantes, deu-se início a **terceira e a quarta etapa do planejamento**, no qual foi marcada pela elaboração da 1ª Situação-problema (1ºSP) e do planejamento da IV e V etapa. Temos que a elaboração da 1ª SP ocorreu com ajuda do professor de Física e da orientadora do pesquisador.

A **quinta e a sexta etapa do planejamento** foram realizadas de forma a dialogar com Meirieu (1998). Dessa forma, a construção da 2ª Situação-problema (2º SP) ocorreu após a análise do mapa conceitual colaborativo 2 (MC-2), de modo a identificar os conhecimentos presentes no mapa, de forma a levar em conta esses conhecimentos na construção do problema.

Por fim, por causa das fortes chuvas que aconteceram no final do mês de maio. A aplicação da pesquisa sofreu um intervalo de quase 15 dias, surgindo a necessidade de refazer o planejamento da aplicação. A **sétima etapa do planejamento** juntou a etapa da avaliação somativa individual com a coleta da opinião dos estudantes sobre a implementação da UEPS, de forma a obedecer ao calendário escolar. O questionário aberto (QA) aplicado foi composto por dez questões, sendo as quatro primeiras sobre os conceitos de timbre do som, altura e intensidade sonora e os demais sobre a implementação da UEPS.

A seguir é apresentado um quadro com o cronograma final de planejamento e aplicação da UEPS.

**Quadro 10:** Cronograma final do planejamento e implementação

<b>CRONOGRAMA E AÇÕES DE IMPLEMENTAÇÃO DA UEPS</b>		
<b>EVENTO</b>	<b>DATA</b>	<b>LOCAL</b>
Reunião de apresentação do projeto para o professor da escola	13/04/2022	Via Google Meet
Reunião para planejamento com o professor (I, II e III etapas da UEPS)	25/04/2022	Sala do Núcleo SEMENTE/GPEA
Encontro com a coordenação da escola para pedir permissão para aplicação do projeto, entrega da carta de anuência e o TCLE e TALE	02/05/2022	EREM
Encontro com os estudantes da escola para coletar as assinaturas do TCLE e TALE	03/05/2022	EREM
Aplicação da II Etapa – Aula de ambientação dos mapas conceituais	09/05/2022	EREM
Aplicação da III Etapa – Identificação dos conhecimentos prévios	10/05/2022	EREM
Aplicação da IV Etapa – Primeira Situação-Problema	16/05/2022	EREM
Aplicação da V Etapa – Aula sobre o conceito de timbre do som (Guiado pelo processo da diferenciação progressiva)	17/05/2022	EREM
Aplicação da V Etapa – Construção do mapa conceitual 1	23/05/2022	EREM
Aplicação da V Etapa – Construção do mapa conceitual 2	06/06/2022	EREM
Aplicação da VI Etapa – Segunda Situação-Problema	07/06/2022	EREM
Aplicação da VII Etapa – Aula expositiva relacionando as semelhanças e diferenças entre os conceitos (Guiado pelo processo da reconciliação integradora) e construção do mapa conceitual 3	13/06/2022	EREM
Aplicação da VII Etapa – Construção do mapa conceitual 4	14/06/2022	EREM
Aplicação da VIII Etapa – Avaliação somativa individual	20/06/2022	EREM
Aplicação da IX Etapa – Aula integradora	21/06/2022	EREM

Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

A seguir é apresentado o segundo momento da intervenção que foi marcada pela implementação da sequência de ensino.

### 3.4.2 Segundo momento: A implementação da UEPS

O segundo momento refere-se à implementação da UEPS, elaborada pelo pesquisador e sua orientadora em parceria com o professor de Física da EREM. A UEPS foi formada por nove etapas que foram sintetizadas e apresentadas no Quadro 11.

**Quadro 11:** Etapas e descrição de cada etapa da UEPS

	<b>ETAPAS DA UEPS</b>	<b>OBJETIVO</b>
1º	Definição dos conceitos	Definição dos conceitos necessários para compreensão do conceito de timbre do som (fenômeno da interferência e a superposição de ondas sonoras), bem como compreender as semelhanças e diferenças entre o conceito de timbre, altura e intensidade sonora.
2º	Aula de ambientação dos mapas conceituais	Apresentação do que é um mapa conceitual, bem como suas características fundamentais: pergunta focal, hierarquia conceitual, termo de ligação e clareza semântica.
3º	Situação inicial	Identificação dos conhecimentos prévios a partir de uma situação inicial utilizando o violão e a flauta doce.
4º	Primeira situação - problema	Aplicação da primeira situação-problema como organizador prévio para os conceitos que serão aplicados na etapa da diferenciação progressiva.
5º	Diferenciação progressiva	Aprofundamento teórico sobre os fenômenos da interferência, superposição de ondas e timbre do som, apresentando os conceitos mais gerais e inclusivos

		primeiro e depois diferenciando de forma progressiva, como também a elaboração dos mapas conceituais colaborativos 1 e 2.
6º	Segunda situação - problema	Aplicação da segunda situação-problema como organizador prévio para os conceitos que serão trabalhados na etapa da reconciliação integradora.
7º	Reconciliação integradora	Aula expositiva dialogada destacando as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre do som) e os fenômenos da interferência e superposição de ondas, bem como a elaboração dos mapas conceituais colaborativos 3 e 4.
8º	Avaliação somativa individual	Aplicação do questionário aberto composto por dez perguntas, sendo as quatro primeiras sobre os conceitos de altura, intensidade sonora, timbre do som e o fenômeno da superposição de ondas e as demais perguntas sobre a aplicação da pesquisa.
9º	Aula integradora	Apresentação dos mapas conceituais colaborativos de forma a apresentar a evolução de cada grupo, bem como apresentar um mapa conceitual colaborativo construído pelo pesquisador e o professor de física, de modo a evidenciar os conceitos e as relações mais importantes para compreender o conceito de timbre do som.

Fonte: Elaborado pelos autores

No quadro acima é apresentada uma síntese das nove etapas da UEPS aplicadas na EREM. A primeira etapa foi composta pelo planejamento dos conceitos que fizeram parte da sequência de ensino e foi explicada na etapa de planejamento. A seguir iremos nos deter na descrição das oito etapas de aplicação de forma mais detalhada.

#### 3.4.2.1 Descrição da II etapa – Aula de ambientação dos mapas conceituais

Na segunda etapa da UEPS foi realizada a aula de ambientação dos mapas conceituais. Em um primeiro momento, o pesquisador junto com o professor de Física apresentou aos estudantes as diferentes formas de representação do conhecimento como imagens, textos, infográficos, mapas mentais, fluxogramas e mapas conceituais. Em seguida, o pesquisador falou sobre as características do mapa conceitual: hierárquica, termo de ligação, clareza semântica e pergunta focal. Para auxiliar o pesquisador na explicação das características do mapa conceitual foi apresentado um mapa conceitual, de autoria do pesquisador, com a pergunta focal: *Quais os benefícios da atividade física?* Na Figura 27 é apresentado o mapa conceitual usado como exemplo na aula.

**Figura 27:** Mapa conceitual com a pergunta focal: Quais os benefícios da atividade física?

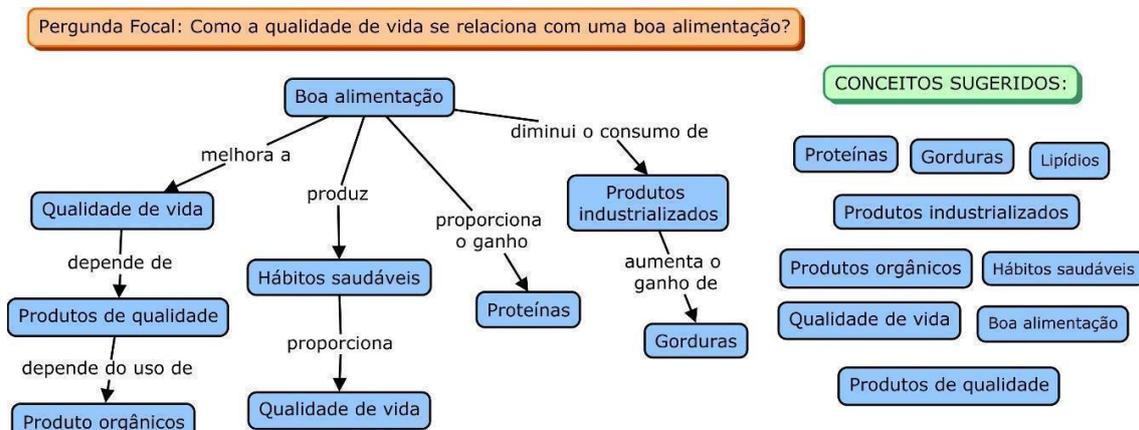


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em um segundo momento, os estudantes tiveram que construir um único mapa conceitual para toda a turma, com o objetivo de exercitar a técnica de construção. De forma a guiar o processo de construção do mapa conceitual, o pesquisador apresentou a seguinte pergunta focal: *Como a qualidade de vida se relaciona com uma boa alimentação?* Para auxiliar os estudantes nessa primeira construção de mapa conceitual foram disponibilizados conceitos para orientar sua construção, embora o pesquisador tenha explicado que eles poderiam utilizar, ou não, os conceitos sugeridos, além de estarem livres para modificar os conceitos e/ou acrescentar outros. Os conceitos sugeridos foram: Lipídios; Gorduras; Qualidade de vida; Produtos industrializados; Produtos de qualidade; Hábitos saudáveis; Produtos orgânicos; Proteínas; Boa alimentação. Outro ponto reforçado pelo pesquisador é que a ordem dos conceitos na apresentação não significava nada e que eles deveriam escolher os conceitos e definir sua hierárquica, ou seja, quais os conceitos mais gerais e os mais específicos.

Para melhor visualização do mapa conceitual construído na aula de ambientação foi reconstruído de forma fidedigna utilizando o software *Cmap Tools*, adicionando em cima do mapa conceitual a pergunta focal e ao seu lado os conceitos sugeridos - Figura 28. Contudo, a versão final pode ser visualizada no APÊNDICE G.

**Figura 28:** Mapa conceitual produzido na aula de ambientação, reconstruído no programa Cmap Tools



Fonte: Elaborados pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual produzido na aula de ambientação original (Apêndice G)

Além das sugestões de conceitos, o pesquisador desempenhou a função de escrever e organizar o mapa conceitual dos estudantes no quadro. O pesquisador também fez algumas intervenções durante a construção do mapa, perguntando aos estudantes se os termos de ligação estavam claros e corretos. Essa etapa durou 100 minutos.

### 3.4.2.2 Descrição da III etapa – Situação inicial e coleta dos conhecimentos prévios

Inicialmente, o professor de Física explicou como seria a dinâmica da aula. Em seguida, com o objetivo de criar uma situação inicial que levasse os estudantes a externalizar seus conhecimentos prévios, o professor realizou alguns experimentos simples com o uso do violão e flauta doce. Durante esse primeiro momento tivemos a participação de um aluno que sabia tocar um pouco de flauta doce, tocando um trecho da música Asa Branca de Luiz Gonzaga, encerrando esse primeiro momento.

Logo depois, o pesquisador e o professor de Física explicaram para os estudantes que eles iriam construir um único mapa conceitual e que o pesquisador iria guiar essa construção escrevendo as informações passadas por eles no quadro. É importante destacar que a participação do pesquisador se restringiu a escrever as informações no quadro branco e a perguntar aos estudantes se os termos de ligação estavam claros e corretos, sendo os estudantes responsáveis por apresentar outras alternativas para o termo de ligação quando fosse percebido a falta de clareza semântica.

Para restringir o contexto do mapa conceitual, o pesquisador apresentou a seguinte pergunta focal: *Como os conceitos de Física se relacionam com a música?* Depois o pesquisador explicou aos estudantes que eles poderiam colocar primeiro os conceitos do lado direito do quadro branco e depois construir o mapa conceitual, de modo a facilitar o processo de construção do mapa, como na aula de ambientação.

Após a construção do mapa conceitual inicial (MC-Inicial), o pesquisador explicou aos estudantes que eles, agora, iriam precisar produzir um texto escrito individual para explicar o MC-Inicial. O pesquisador informou que eles deveriam explicar, com as suas próprias palavras, o mapa e se caso discordassem de algum conceito poderiam informar no texto. A duração total dessa etapa foi de 70 minutos, pois teve um imprevisto durante o intervalo para o almoço e as aulas no turno da tarde tiveram um atraso de 30 minutos.

#### 3.4.2.3 Descrição da IV etapa – 1º Situação-problema

A quarta etapa da UEPS foi realizada no dia 16/05/2022 no turno da manhã. A aula começou com as orientações iniciais sobre a dinâmica da aula, bem como uma breve explicação do que é uma situação-problema. Logo depois, foi explicado aos estudantes que eles teriam que solucionar uma situação-problema em grupo. Os 28 estudantes presentes na sala de aula se dividiram em seis grupos nomeados de grupo 01 (n=5 integrantes), grupo 02 (n=4 integrantes), grupo 03 (n=6 integrantes), grupo 04 (n=3 integrantes), grupo 05 (n=4 integrantes) e grupo 06 (n=5 integrantes).

Depois da formação dos grupos, o pesquisador entregou a cada grupo duas cópias da situação-problema. Os estudantes receberam a orientação de que uma cópia deveria ser usada como rascunho e a outra para a resposta final, que deveria ser entregue ao pesquisador ao final da aula. Em seguida, o professor leu junto aos estudantes a situação-problema proposta com o título: *“o que é o som”* – Quadro 12. Como planejado, o professor dedilhou as cordas do violão da mesma forma como está descrito no contexto da situação-problema.

**Quadro 12:** Descrição da 1ª situação-problema

**SITUAÇÃO-PROBLEMA 1**

**O que é o som?**



Laura, estudante do Ensino Médio de uma escola da zona Oeste do Recife é uma menina que gosta muito de escutar seu tio Pedro tocar violão. Então, também resolveu aprender a tocar o instrumento, por meio de um tutorial prático em um canal do Youtube. Ao assistir o vídeo começou a dedilhar as cordas do violão. Depois de algumas semanas, ela tocou sua primeira música. Então, ela convidou seu amigo, Belchior, que é professor de Física, para uma demonstração musical. Ele elogiou sua prática musical, mas tentando relacionar a teoria com a prática, fez o seguinte questionamento: Laura, você já pensou o que é o som que sai pelas cordas do violão?

*Como você, estudante do 3º Ano do Ensino Médio da disciplina de Física ajudaria Laura a responder à pergunta do seu amigo?*

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Meirieu (1998).

Após a leitura, o professor explicou aos grupos que eles deveriam reler novamente a situação-problema, debater entre eles as possíveis respostas e elaborar uma resposta final que levasse em conta a opinião dos membros do grupo. Os estudantes tiveram aproximadamente 30 minutos para resolver a situação-problema.

Para o segundo bloco da aula, após a resolução da situação-problema, o professor de Física explicou que os grupos deveriam escolher um líder, que ficaria responsável em apresentar a resposta do seu grupo para toda a turma, ao mesmo tempo em que cada grupo deveria durante a apresentação, anotar perguntas, sugestões e pontos de vista diferentes sobre a resposta do grupo.

Para organizar o debate, o pesquisador explicou que todos os grupos iriam fazer perguntas ao grupo 01, em seguida, todos os grupos iriam fazer perguntas ao grupo 02 e assim por diante até que todos os grupos tivessem tido a oportunidade de questionar e de serem questionados por outro grupo. Este segundo bloco de atividades da aula teve aproximadamente 50 minutos de duração e a duração da etapa foi de 100 minutos.

#### 3.4.2.4 Descrição da V etapa – Etapa da diferenciação progressiva

A quinta etapa foi dividida em três momentos distintos: (I) Processo da diferenciação progressiva, (II) a construção do mapa conceitual colaborativo 1 e (III) a construção do mapa conceitual colaborativo 2.

##### *Descrição do primeiro momento da V etapa: processo da diferenciação progressiva*

O processo da diferenciação progressiva foi realizado no dia 17/05/2022 no turno da tarde. Esse momento foi marcado pelo aprofundamento teórico, uma aula expositiva dialogada sobre o conceito de timbre do som, guiado pelo processo da diferenciação progressiva, no qual os conceitos mais gerais foram apresentados primeiro e os mais específicos depois, de forma progressiva ao longo da aula. É importante destacar que a aula planejada pelo professor sofreu algumas mudanças após análise dos conhecimentos prévios, coletados por meio da explicação individual do mapa conceitual colaborativo, produzido durante a terceira etapa da UEPS.

O professor de Física começou a aula fazendo uma revisão sobre os conceitos de altura e intensidade do som. Explanando, primeiramente, a relação entre o conceito de altura do som com a frequência da nota musical, visando corrigir algumas concepções alternativas identificadas pela explicação individual do mapa conceitual inicial.

Ainda nesse momento, o pesquisador junto com um estudante da turma que toca flauta doce, fez o seguinte experimento para mostrar que duas flautas podem apresentar timbres diferentes: O pesquisador pediu que o estudante tocasse a nota Lá em sua flauta semiprofissional e depois tocasse a mesma nota na flauta que o pesquisador levou (uma de brinquedo feita de plástico). Por meio do experimento foi possível perceber a diferença dos sons produzidos por meio das flautas, uma vez que o material e o tamanho delas são nitidamente distintos. O pesquisador explicou que as flautas, mesmo sendo o mesmo tipo de instrumento musical, foram confeccionadas com materiais distintos, o que influencia na propagação das ondas dentro do instrumento e, conseqüentemente, no fenômeno da superposição, gerando timbres diferentes para a mesma nota musical. No total, a aula durou aproximadamente 80 minutos, pois a escola teve um imprevisto no intervalo do almoço dos estudantes e as aulas no turno da tarde tiveram um atraso de 20 minutos.

*Descrição do segundo momento da V etapa: construção do mapa conceitual colaborativo 1*

O segundo momento da quinta etapa da UEPS foi realizado no dia 23 de maio, no turno da manhã. Inicialmente, o professor de Física e o pesquisador explicaram aos estudantes como seria a dinâmica da aula, bem como o seu objetivo final que seria a construção de um mapa conceitual colaborativo 1.

Os estudantes receberam a orientação de que o mapa conceitual colaborativo seria construído seguindo três fases. A primeira fase iria ser caracterizada pela construção de um mapa conceitual individual que respondesse à seguinte pergunta focal: *Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?* Em seguida, eles iriam se juntar em grupos para fazer o mapa conceitual colaborativo que respondesse a mesma pergunta focal. O pesquisador explicou que esse primeiro mapa individual teria o objetivo de coletar os conhecimentos particulares de cada estudante, sobre o conceito de timbre, e por isso não seria necessário compartilhar informações com outros estudantes, porque logo depois eles teriam a oportunidade de trocar informações em grupo.

Após essas informações, cada estudante recebeu uma folha pautada A4 da cor branca para construir o seu mapa conceitual individual. Outra orientação do pesquisador foi que os estudantes construíssem o mapa conceitual a lápis e depois passassem para a caneta, de modo a evitar as rasuras. Além disso, foi informado que eles poderiam iniciar a construção do mapa conceitual colocando os conceitos em uma extremidade da folha e depois começassem a relacionar os conceitos, como realizado na aula de ambientação.

Por fim, o pesquisador também explicou que estaria disponível para tirar dúvidas sobre a estrutura de um mapa conceitual, como a clareza no termo de ligação e a hierarquia de conceitos. Além disso, também foi explicado aos estudantes que eles poderiam consultar a apresentação do pesquisador sobre os mapas conceituais, realizada no dia 09/05, disponibilizada no grupo do *Whatsapp* da turma. Foi combinado com os estudantes que eles teriam aproximadamente 35 minutos para fazer esse primeiro mapa conceitual.

Após passado este tempo, o pesquisador explicou aos estudantes que eles iriam se juntar em grupos, contudo os grupos seriam os mesmos da aula da primeira situação-problema. Para ajudar na construção dos grupos, o pesquisador levou uma lista com todos

os grupos formados na etapa de aplicação da primeira situação-problema. Os estudantes que faltaram no dia se juntaram e formaram outro grupo, nomeado de grupo 07.

Uma vez formados os grupos, o pesquisador explicou aos estudantes que a segunda e terceira fase da construção do mapa conceitual aconteceria da seguinte forma: cada membro do grupo teria que apresentar seu mapa conceitual individual, depois eles teriam que discutir sobre os conceitos destacados em cada mapa e entrar em consenso por meio da construção de um único mapa conceitual para todo o grupo. Cada grupo recebeu uma folha pautada A4 de cor rosa para construir o mapa conceitual e entregar a versão final ao pesquisador. Esse segundo momento da aula durou aproximadamente 40 minutos.

Destaca-se também que nessa fase em grupo, o pesquisador ficou disponível e acompanhando os grupos na construção dos mapas, tirando dúvidas sobre a estrutura do mapa conceitual. No total, o encontro teve uma duração de aproximadamente 100 minutos.

*Descrição do terceiro momento da V etapa: construção do mapa conceitual colaborativo*  
2

O terceiro momento da 5ª etapa da UEPS estava planejado para ocorrer no dia seguinte, 24/05/2022, contudo o professor da disciplina teve um imprevisto familiar e não pôde comparecer na escola. Como também no período do dia 30 de maio a 03 de junho de 2022 a escola ficou interditada por causa das fortes chuvas que atingiram a região metropolitana do Recife.

Dessa forma, o terceiro momento da 5ª etapa foi realizado no dia 06/06/2022, durante o período da manhã. No início da aula, o professor e o pesquisador realizaram uma revisão dos momentos anteriores sobre a construção do primeiro mapa colaborativo. Depois explicaram o objetivo e a dinâmica deste encontro. Os alunos foram informados que eles teriam que refazer o primeiro mapa conceitual colaborativo a partir de contribuições apresentadas pelos demais grupos, pelo professor e pelo pesquisador.

Para isso, o pesquisador informou aos estudantes que tinha digitalizado os mapas conceituais colaborativos e elaborado uma apresentação utilizando o *powerpoint*. Cada grupo, em ordem numérica, iria explicar seu mapa conceitual colaborativo e os demais

estudantes da turma junto com o professor e o pesquisador, iriam ter a oportunidade de dar sugestões, apontar erros e corrigir conceitos e termos de ligação do mapa colaborativo.

Além da apresentação em *powerpoint*, o pesquisador tirou uma cópia dos mapas conceituais e distribuiu para cada grupo, informando que durante o momento das contribuições um membro do grupo deveria registrar as sugestões para facilitar o processo de reconstrução. Depois de ter finalizado as apresentações o pesquisador entregou aos estudantes uma folha A4 da cor amarela para a reconstrução da versão final do mapa conceitual que foi chamado de mapa conceitual colaborativo 2.

É importante destacar que as contribuições do professor e do pesquisador foram sobre a estrutura do mapa conceitual (conceitos, clareza semântica, termos de ligação), mas também sobre os conceitos físicos, assim destacando conceitos mal elaborados e com concepções alternativas.

O momento da apresentação dos mapas conceituais e das contribuições durou aproximadamente 55 minutos. Por fim, restou aproximadamente 30 minutos para os estudantes discutirem as contribuições e entregar a versão final ao pesquisador, o que não foi o bastante, e houve a necessidade de usarmos 30 minutos do início da aula do dia 07/06/2022 para a finalização do mapa. No total a construção do mapa conceitual colaborativo 2 teve 60 minutos de duração.

Um fator relevante para mencionar é que no dia 06/06/2022 apenas dois membros do grupo 6 (n=4) participaram do processo de contribuições entre os estudantes, professor e pesquisador, bem como a construção final do mapa conceitual colaborativo 2. Os dois membros do grupo que estavam presentes no dia alegaram que não iriam conseguir finalizar o mapa conceitual, mas iriam continuar e finalizar na próxima aula.

No outro dia, 07/06/2022, os membros que faltaram na aula anterior estavam presentes e os dois membros que participaram da aula passada faltaram. O pesquisador teve que explicar o que tinha acontecido na aula anterior e informar que eles poderiam aceitar todos os conceitos do mapa conceitual que o restante do grupo construiu ou poderiam fazer modificações. Além disso, nesse momento o pesquisador leu o mapa conceitual colaborativo 2 em construção, e, fez algumas contribuições sobre a estrutura do mapa conceitual e sobre alguns conceitos físicos mal expressados. Por fim, o grupo 6

recebeu uma nova folha A4 amarela, para entregar a versão final do mapa conceitual colaborativo 2.

#### 3.4.2.5 Descrição da VI etapa – 2º Situação-Problema

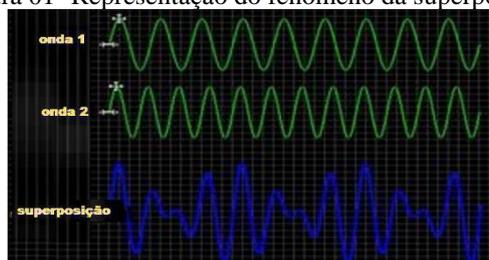
A segunda situação-problema também foi aplicada, no dia 7 de junho de 2022, logo depois da finalização do 2º mapa conceitual colaborativo. O professor, junto com o pesquisador, explicou que a dinâmica seria semelhante a aplicação da 1º situação-problema. O pesquisador distribuiu duas cópias da situação-problema para cada grupo, explicando que uma cópia iria servir como papel de rascunho e a outra para colocar a versão final da resposta. No Quadro 13 pode-se ver a descrição da 2º situação-problema.

#### Quadro 13: Descrição da 2º situação-problema

##### SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Belchior é professor de Física de uma escola estadual da região metropolitana do Recife – Pernambuco. Atualmente, Belchior está ministrando o conteúdo de Acústica para o terceiro ano do Ensino Médio da escola onde trabalha. Em uma das aulas, apresentou aos estudantes o fenômeno da superposição de ondas, como representado na figura 01.

Figura 01- Representação do fenômeno da superposição



(www.fisicaevestibular.com.br)

Em outra aula da disciplina, Belchior explicou que este fenômeno da superposição de ondas é muito importante para se entender outra característica da onda sonora, o timbre do som. Baseado na figura 01 e em seus conhecimentos adquiridos até aqui responda a seguinte pergunta: *Como o conceito de timbre do som está relacionado com o fenômeno da superposição?*

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Meirieu (1998).

Em seguida, o professor leu junto com os estudantes a situação-problema e depois explicou que os grupos deveriam debater entre si, entrar em consenso e elaborar uma resposta final que contemplasse as ideias do grupo. De forma análoga, o grupo 6 alegou não ter a capacidade de responder à 2º situação-problema sem os outros dois membros do grupo.

#### 3.4.5.6 Descrição da VII etapa – Etapa da reconciliação integradora

A sétima etapa da UEPS foi dividida em três momentos distintos: (I) Processo da reconciliação integradora, (II) a construção do mapa conceitual colaborativo 3 e (III) a construção do mapa conceitual colaborativo 4.

##### *Descrição do primeiro momento da VII etapa: processo da reconciliação integradora*

Os dois primeiros momentos da 7ª etapa foram realizados no dia 13/06/2022 no turno da manhã. O professor explicou que a aula seria formada por dois momentos distintos. Na primeira parte, o professor de Física iria ministrar uma aula destacando as semelhanças e diferenças entre os conceitos abordados até o momento, tendo a finalidade de ajudar os estudantes a superar as concepções alternativas sobre os conceitos de onda sonora, superposição de ondas, altura e timbre do som, identificados pelo pesquisador a partir da análise do mapa conceitual colaborativo 2 e da 2ª situação-problema. Já na segunda parte da aula, os grupos iriam se reunir para fazer as mudanças necessárias no mapa conceitual colaborativo 2, a partir das correções das concepções alternativas destacadas durante a aula do professor.

Para ajudar os grupos nesse processo, o pesquisador pediu que os estudantes se reunissem antes de iniciar a aula do professor, e entregou para cada grupo uma cópia do mapa conceitual colaborativo 2. O pesquisador orientou que já durante a aula os grupos poderiam fazer anotações na cópia do mapa conceitual, de modo a discutir as mudanças depois, adicionando ou modificando conceitos e termos de ligação. Esse momento durou aproximadamente 40 minutos.

##### *Descrição do segundo momento da VII etapa: construção do mapa conceitual colaborativo 3*

Ao fim da aula do professor, o pesquisador lembrou aos estudantes que eles iriam discutir as mudanças necessárias na cópia do mapa conceitual colaborativo 2 e fazer as modificações necessárias. Cada grupo recebeu uma folha A4 de cor verde para construir a versão modificada do mapa conceitual - mapa conceitual colaborativo 3. Além disso, o pesquisador ficou consultando os grupos, de modo a apontar algumas fragilidades entre os conceitos e a clareza dos termos de ligação.

*Descrição do terceiro momento da VII etapa: construção do mapa conceitual colaborativo 4*

O segundo encontro da sétima etapa ocorreu no dia 14 de junho de 2022, no turno da tarde. Inicialmente, o professor explicou aos estudantes que o objetivo final da aula seria a elaboração do mapa conceitual colaborativo 4. Para alcançar esse objetivo, a aula iria ocorrer em dois momentos, o primeiro momento seria marcado pelo processo de interação entre os grupos e o segundo entre os membros do próprio grupo.

No primeiro momento, os grupos iriam dar contribuições no mapa conceitual colaborativo 3 de outro grupo, dando sugestões de conceitos, apontando conceitos mal definidos e corrigindo a clareza dos termos de ligação. Já no segundo momento, cada grupo iria receber a cópia do seu mapa conceitual colaborativo 3, com as contribuições de outro grupo e seus membros deveriam discutir entre si as sugestões, de modo a elaborarem a última versão do mapa conceitual colaborativo, o qual chamamos de mapa conceitual colaborativo 4. Além disso, o pesquisador informou aos estudantes que essas sugestões não eram obrigatórias e que caberia a cada grupo discutir se iriam aceitar as modificações entrando num consenso.

Para a realização do processo de interação entre os grupos, o pesquisador analisou o mapa conceitual colaborativo 3 dos grupos, depois escolheu qual o grupo que cada um iria avaliar, utilizando como critério a compreensão dos conceitos abordados. De modo que os grupos que apresentaram melhor compreensão dos conceitos avaliassem os grupos que apresentaram maior dificuldade. Do mesmo modo, os grupos que apresentaram maiores dificuldades, avaliassem os mapas dos grupos com melhor compreensão, para que assim eles pudessem ver como esses grupos estruturaram seus mapas conceituais. A seguir apresentamos um esquema com a organização dos grupos.

**Figura 29:** Esquema da organização inicial para avaliação do mapa conceitual colaborativo 3 entre os grupos



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Portanto, conforme o esquema, o Grupo 1 ficaria responsável por analisar o mapa conceitual do Grupo 4 e assim por diante. Contudo, no dia da intervenção todos os integrantes do grupo 1 faltaram e para que o processo de colaboração acontecesse o pesquisador mudou a organização dos grupos, de modo que o Grupo 3 avaliasse o mapa conceitual do Grupo 4. O esquema abaixo apresenta a organização final.

**Figura 30:** Esquema da organização final para avaliação do mapa conceitual-3 entre os grupos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Desse modo, o Grupo 1 não avaliou o mapa conceitual do Grupo 4, como também não teve o seu mapa conceitual avaliado pelo Grupo 3. Ainda nesse momento o

pesquisador ministrou uma revisão sobre alguns elementos para um bom mapa conceitual, como a hierarquia dos conceitos, a clareza nos termos de ligação, a formação de conceitos no mapa conceitual, dando ênfase que os conceitos no mapa conceitual são formados por mais de um substantivo ou substantivo mais adjetivo, além de apresentar outros exemplos retirados dos mapas já construídos pelos estudantes. Por fim, o processo de interação entre os grupos durou aproximadamente 45 minutos.

Em seguida, o pesquisador devolveu a cópia do mapa conceitual colaborativo 3 aos grupos com as contribuições e entregou a cada grupo uma folha A4 da cor azul, explicando que as contribuições eram sugestões e que os grupos deveriam analisá-las e entrar em consenso se iriam aceitar ou não, entregando a versão final, no qual chamamos de mapa conceitual colaborativo 4.

Durante o momento da construção do mapa conceitual, o pesquisador ficou passando pelos grupos e dando algumas orientações sobre a formação dos conceitos e a clareza nos termos de ligação.

O Grupo 4 não quis debater as contribuições dadas ao grupo, eles simplesmente adotaram as contribuições. Isso foi notado quando o grupo chamou o pesquisador para tirar as dúvidas sobre a atividade e, ao fim, disseram que eles iriam aceitar as contribuições sem a necessidade de debaterem antes.

No final da aula o pesquisador avisou aos estudantes que na próxima aula teriam que responder a um questionário com algumas perguntas sobre os conceitos de Acústica trabalhados em aula, dialogando com as orientações de Moreira (2011) que afirma que a avaliação ao final da UEPS não deve ser surpresa, mas avisada antecipadamente. Além das perguntas sobre os conceitos físicos, o questionário também iria possuir perguntas dos momentos da intervenção e que eles deveriam responder com base em sua opinião.

#### 3.4.5.7 Descrição VIII Etapa – Avaliação somativa individual

Na oitava etapa da intervenção ocorreu a aplicação do questionário aberto, sendo realizada no dia 20 de junho de 2022 no período da manhã. O professor informou aos estudantes que o questionário continha 10 perguntas abertas, no qual as quatro primeiras eram sobre os conceitos vistos em sala e os demais sobre as atividades realizadas durante o período da pesquisa.

Após a distribuição do questionário, o pesquisador leu as perguntas junto com os estudantes e informou que estaria à disposição para tirar qualquer dúvida sobre as perguntas. Os estudantes tiveram duas aulas geminadas para responder às perguntas, aproximadamente 80 minutos.

#### 3.4.5.8 Descrição IX Etapa – Aula integradora

A aula integradora ocorreu em dois momentos distintos, sendo realizada no dia 21/06/2022 durante o turno da tarde. O primeiro momento teve o objetivo de mostrar a evolução dos mapas conceituais colaborativos construídos durante a intervenção. Para alcançar esse objetivo, o pesquisador produziu uma apresentação com os mapas conceituais colaborativos 1, 2, 3 e 4, de forma que todos os estudantes pudessem ver os mapas conceituais elaborados por cada um dos grupos.

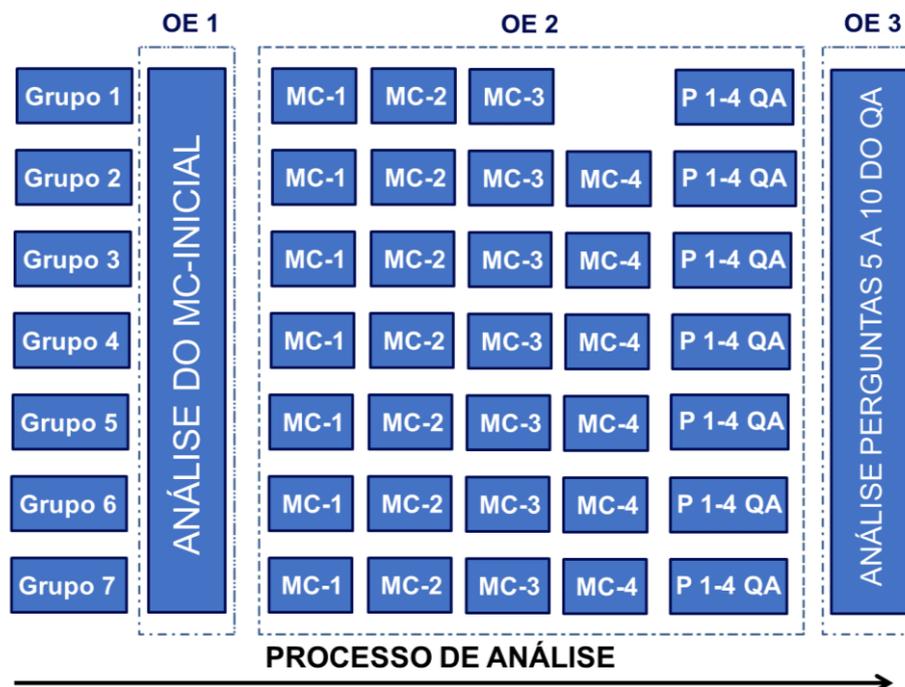
Já o segundo momento teve o objetivo de retomar os conceitos mais relevantes para a compreensão dos conceitos de timbre do som, para isso o pesquisador e o professor de Física, construiu um mapa conceitual com a mesma pergunta focal: *Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?* apresentado no capítulo da fundamentação teórica. Essa etapa durou aproximadamente 50 minutos.

Por fim, realizou-se uma comemoração, sem nenhum custo aos estudantes, sendo uma forma simples do pesquisador mostrar um pouco da gratidão aos estudantes e ao professor por terem participado de todo o processo de aplicação do projeto de mestrado.

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção é apresentado um recorte dos resultados a partir da análise das proposições e das explicações individuais do MC-Inicial, ambos com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Além disso, realizou-se a análise dos mapas conceituais colaborativos 1, 2, 3 e 4, para investigar os processos da diferenciação progressiva e reconciliação integradora para a construção do conceito de timbre, além da análise do questionário aberto para a avaliação somativa individual dos conceitos. Por fim, temos também a identificação das contribuições e limitações da intervenção para uma aprendizagem significativa e crítica, por meio da análise do questionário aberto. De forma a ilustrar o processo de análise dos dados é apresentado um esquema na figura a seguir.

**Figura 31:** Processo de análise dos dados



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os resultados e as discussões estão organizados por blocos de acordo com os objetivos específicos da pesquisa.

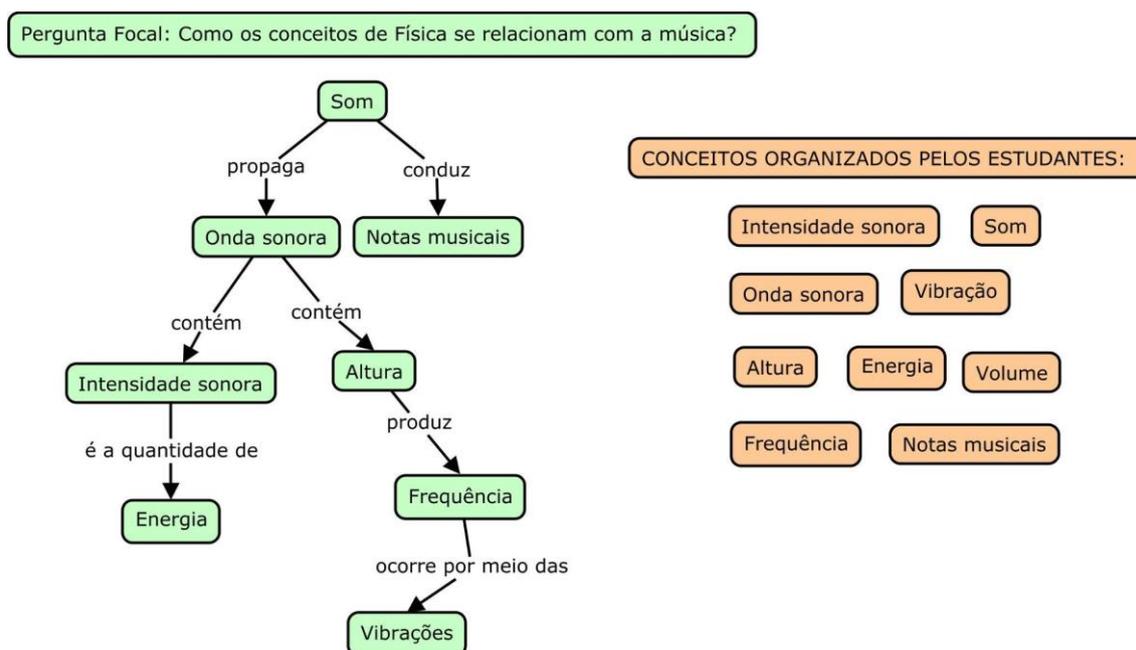
#### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ESTUDANTES RELACIONADOS COM O CONCEITO DE TIMBRE DO SOM

De modo a responder esse objetivo específico, realizamos a análise qualitativa do mapa conceitual inicial adaptando a análise das proposições de mapas conceituais (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020), bem como verificamos as explicações individuais do MC-Inicial por meio da análise de conteúdo de acordo com Bardin (2016).

##### 4.1.1 Análise proposicional do mapa conceitual inicial (MC-Inicial)

A aplicação da terceira etapa teve o objetivo de coletar os conhecimentos prévios dos estudantes a partir da construção coletiva de um único mapa conceitual que respondesse à pergunta focal: *Como os conceitos de Física se relacionam com a música?* A construção coletiva gerou o mapa conceitual que denominamos de MC-Inicial. Esse mapa foi reconstruído pelo pesquisador utilizando o programa *Cmap Tools* de forma fidedigna, representado na Figura 32. A imagem original do mapa conceitual pode ser observada no APÊNDICE H.

**Figura 32:** Mapa conceitual inicial



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual inicial original (Apêndice H)

O mapa conceitual inicial apresentou nove conceitos no total e a maioria das proposições (conceito inicial – termo de ligação → conceito final) apresentaram verbos, tornando o mapa conceitual uma produção com bom nível de clareza semântica.

Retomando os parâmetros descritos anteriormente, temos que a categoria *subsunçor presente* contempla as proposições que apresentam conceitos prévios adequados que podem servir como âncora para a aprendizagem de novos conceitos de forma significativa. Além disso, a categoria *subsunçor mal definido* contempla as proposições que apresentam conceitos ligados ao contexto da situação, contudo não estão relacionados de forma coerente entre si, dificultando a ancoragem de novos conceitos de forma apropriada. Por fim, a categoria *subsunçor ausente* agrupa as proposições que apresentam conceitos inadequados ou sem relevância ao contexto da situação, de modo que dificilmente irão servir como âncora para novas aprendizagens significativas adequadas. No Quadro 14 é apresentado a classificação das proposições do MC-Inicial em subsunçor presente, subsunçor mal definido ou subsunçor ausente.

**Quadro 14:** Classificação das proposições do MC-Inicial

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Intensidade sonora	é a quantidade de	Energia	SUBSUNÇOR PRESENTE
Som	conduz	Notas musicais	SUBSUNÇOR MAL DEFINIDO
Som	propaga	Onda sonora	SUBSUNÇOR MAL DEFINIDO
Frequência	ocorre por meio das	Vibrações	SUBSUNÇOR MAL DEFINIDO
Altura	produz	Frequência	SUBSUNÇOR MAL DEFINIDO
Onda sonora	contém	Intensidade sonora	SUBSUNÇOR AUSENTE
Onda sonora	contém	Altura	SUBSUNÇOR AUSENTE

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A partir dos parâmetros estabelecidos, a proposição “*Intensidade sonora – é a quantidade de → Energia*” é classificada como *subsunçor presente*, uma vez que o conceito de intensidade sonora está relacionado de forma coerente com o conceito de energia. Posteriormente, esse subsunçor poderá servir como âncora para compreender que a intensidade sonora é diretamente proporcional a energia transportada e também inversamente proporcional a área de propagação da onda, assim compreendendo que quanto maior a área de propagação da onda, menor será sua intensidade sonora (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

Definimos o som como uma onda mecânica longitudinal que se propaga no ar transportando energia sonora (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012). Além disso, Hewitt (2015, p. 395) complementa essa definição afirmando que “a maioria dos sons musicais são formados pela superposição de muitos sons com frequências diferentes”. De modo que a proposição “*Som – conduz → Notas musicais*” é classificada como *Subsunçor mal definido*, uma vez que a expressão “conduz notas musicais” está mal elaborada, de modo que o som não conduz, mas sim é percebido como notas musicais. Dessa forma, podemos inferir que esse conhecimento mal definido dificulta a ancoragem de novos conhecimentos de forma apropriada, como a relação entre o som e as notas musicais.

Além disso, temos que a proposição “*Som – propaga → Onda sonora*” também é agrupada na categoria *Subsunçor mal definido* porque os estudantes não conseguiram relacionar que o conceito de som e o de ondas sonoras são equivalentes, ou seja, que se referem ao mesmo fenômeno físico. Do mesmo modo, a proposição “*Frequência – ocorre por meio das → Vibrações*” é classificada como *Subsunçor mal definido*, uma vez que a proposição acaba mostrando uma ideia de causa e consequência, afirmando que a frequência ocorre por meio das vibrações, contudo esses conceitos são equivalentes, pois a frequência da onda é definida como o número de oscilações por um certo tempo, ou seja, a taxa de vibração por um determinado tempo.

Já proposição “*Altura – produz → Vibrações*” também é agrupada nessa categoria, visto que o conteúdo da proposição está mal definido, pois a altura do som não é responsável por produzir as vibrações. Ao invés disso, a taxa de vibração das ondas é a variável que particulariza a onda sonora, de forma que podemos diferenciá-la pela sua frequência. Por isso, os estudantes que apresentam essa concepção mal definida terão dificuldades para compreender os conceitos de forma coerente, uma vez que esses conhecimentos dificultam a aprendizagem significativa dos novos conceitos de forma apropriada.

Por fim, temos que as proposições “*Onda sonora – contém → Intensidade sonora*” e “*Onda sonora – contém → Altura*” foram classificadas na categoria *Subsunçor ausente*, porque as proposições formadas apenas com o termo de ligação “contém”, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente, apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não apresentam qual é a relação entre

os conceitos. Dessa forma, as proposições não deixam claro que tanto a intensidade quanto a altura do som são características da onda sonora.

Para complementar a identificação dos subsunçores dos estudantes, realizamos a análise das explicações individuais do MC-Inicial, utilizando a análise de conteúdo segundo Bardin (2016).

#### 4.1.2 Análise das explicações individuais do MC-Inicial

Após a identificação dos conhecimentos prévios foi construído o Quadro 15 com a categoria “conhecimentos prévios emergidos”, suas respectivas subcategorias e unidades de contexto/registo a partir da análise de conteúdo das explicações individuais do MC-Inicial, seguindo as etapas de Bardin (2016).

**Quadro 15:** Categoria e subcategorias emergidas da análise das explicações individuais do MC-Inicial

CAT.	SUBCAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO	COD.
CONHECIMENTOS PRÉVIOS EMERGIDOS (CPE)	Subsuncor presente (Sp)	Relação entre os sons grave e agudo com a frequência (Rsf)	“[...] falamos também que a onda sonora está relacionada a altura que produz frequência exemplo é o grave e o agudo <b>que o grave e uma menor frequência e o agudo que o grave e uma menor frequência e o agudo uma maior frequência [...]</b> ”	[EMCI/A36 – G3] – CPE – Sp – Rsf
		Cada nota musical possui uma vibração característica (Cnv)	“[...] as vibrações estão relacionadas com as notas musicais, <b>cada nota tem uma vibração [...]</b> ”	[EMCI/A02 – G2] – CPE – Sp – Cnv
		Relação entre intensidade sonora, volume e energia (Rive)	“ <b>A intensidade é a quantidade de energia pois como a intensidade está relacionada com o volume (alto ou baixo) é necessário energia, pois quanto mais energia maior o volume e quanto menor a quantidade de energia menor o volume.</b> ”	[EMCI/A13 – G7] – CPE – Sp – Rive
	Subsuncor mal definido (Smd)	Notas musicais são alteradas pelas vibrações (Nav)	“[...] ‘Som conduz’ notas musicais é errado, <b>por conta que notas são alteradas por vibrações.</b> ”	[EMCI/A29 – G7] – CPE – Smd – Nav
		Intensidade sonora produz energia (Ispe)	“O som propaga ondas sonoras que contém a intensidade sonora com essa <b>intensidade se produz energia [...]</b> ”	[EMCI/A15 – G6] – CPE – Smd – Ispe

		Ondas sonoras podem alterar sua intensidade (Oai)	“O som cria/propaga ondas sonoras, <b>as ondas contem e podem alterar sua intensidade sonora podendo mudar o seu volume</b> , e o som têm forma de energia [...]”	[EMCI/A29 – G7] – CPE – Smd – Oai
	Subsunçor ausente (Sa)	Intensidade sonora não é a quantidade de energia (Inqe)	“O som deve está ligado a ondas sonoras e frequência, <b>não concordo que intensidade sonora esta ligado com a energia [...]</b> ”	[EMCI/A23 – G5] – CPE – Sa – Inqe
			“ <b>Eu concordo com tudo menos com a intensidade sonora é a quantidade de energia.</b> por que a intensidade sonora ela meio que têm um fluxo de energia, más a cada intervalo ela vai mudando.”	[EMCI/A32 – G4] – CPE – Sa – Inqe

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

No Quadro 13 foram ilustradas algumas unidades de contexto e de registro de cada explicação individual do MC-Inicial. As palavras destacadas em negrito na coluna das unidades de contexto se referem às unidades de registro. É importante informar que esse quadro não contém todas as unidades de contexto/registo encontradas na análise, mas assim as que melhor representam a subcategoria descrita.

A partir da análise foi possível identificar alguns conhecimentos prévios relevantes que foram classificados na subcategoria *Subsunçor presente*. Esses conhecimentos prévios podem servir como âncora para a aprendizagem significativa do conceito de altura do som, de forma adequada. Foi identificado na subcategoria “relação entre os sons grave e agudo com frequência”, que alguns estudantes conseguiram relacionar o conceito de som grave e o som agudo com a frequência da onda sonora, afirmando mesmo que com pouca clareza, mas de forma coerente que as ondas sonoras de maior frequência caracterizam sons mais agudos enquanto que as ondas de menor frequência caracterizam sons mais graves ([EMCI/A36] – CPE – Sp – Rsf).

De forma análoga, emergiram conhecimentos prévios que foram classificados na subcategoria *Subsunçor presente*. Na subcategoria “cada nota musical possui uma vibração” identificamos explicações que afirmam de forma coerente que as vibrações estão relacionadas com as notas musicais e que cada nota musical possui uma vibração característica, conforme ilustrado no trecho “[...] as vibrações estão relacionadas com as notas musicais, **cada nota tem uma vibração [...]**” ([EMCI/A02 – G2] – CPE – Sp – Nvc). De modo que esse subsunçor pode servir mais na frente como âncora para compreensão de que notas musicais diferentes (DÓ, RÉ, MI e assim por diante) se distingue pela sua vibração, ou seja, por uma frequência característica.

Além disso, foi identificado mais um conhecimento prévio que pode ser classificado na subcategoria *Subsunçor presente*. Na subcategoria “relação entre a intensidade sonora, volume e energia” foi possível inferir que alguns estudantes conseguiram relacionar de forma coerente que a intensidade sonora está relacionada com o volume e a energia propagada pela onda sonora, além de afirmar que quanto maior a energia propagada, maior o volume do som e quanto menor a energia propagada, menor será o volume ([EMCI/A13 – G7] – CPE – Rive). Posteriormente esse subsunçor poderá servir como ancoradouro cognitivo para compreensão de que o conceito de intensidade sonora é diretamente proporcional a quantidade de energia transportada pela onda, como também a relação de proporcionalidade inversa entre o conceito de intensidade e a área de propagação da onda, implicando que quanto maior a área de propagação, menor é a intensidade do som.

Emergiram também alguns conhecimentos prévios sobre o conceito de frequência e intensidade do som que foram agrupados na subcategoria *Subsunçor mal definido*, uma vez que as subcategorias até apresentam conceitos pertinentes ao contexto, contudo não estão relacionados corretamente entre si.

A resposta do estudante A29 foi agrupada na subcategoria “notas musicais são alteradas pelas vibrações”, no qual justifica que a proposição “Som – conduz → Notas musicais” está errada, uma vez que as notas musicais são alteradas pela vibração, conforme ilustrado no trecho “[...] ‘Som conduz’ notas musicais é errado, **por conta que notas são alteradas por vibrações**” (EMCI/A29 – G7] – CPE – Smd – Nav). Esse argumento apresentado pelo aluno A29 está equivocado. De fato, as notas musicais não são conduzidas pela onda sonora, mas sim, transportadas. Contudo, as notas musicais não são alteradas pelas vibrações, mas sim, identificadas pela sua taxa de vibração, ou seja, por sua frequência característica.

Já as subcategorias “intensidade sonora produz energia” e “ondas sonoras podem alterar sua intensidade” se referem ao conceito de intensidade sonora. A primeira subcategoria está equivocada, uma vez que a intensidade não produz, e sim, transporta energia sonora. Já a segunda subcategoria afirma que as ondas sonoras têm a capacidade de alterar sua intensidade, contudo isso não é possível. Esses conhecimentos prévios emergidos e agrupados na categoria *Subsunçor mal definido* acabam dificultando os estudantes na ancoragem de novos conceitos de forma apropriada.

A partir da análise foi possível identificar que emergiram conhecimentos prévios que discordam da proposição “*Intensidade sonora – é a quantidade de → Energia*”, conforme ilustrado no trecho “O som deve está ligado a ondas sonoras e frequência, **não concordo que intensidade sonora esta ligado com a energia [...]**” ([EMCI/A23 – G5] – CPE – Inqe). Dialogando com essa ideia, outro estudante afirma que a intensidade sonora não é a quantidade de energia, mas que possui um fluxo de energia que varia a cada intervalo ([EMCI/A32 – G4] – CPE – Inqe). Os dois trechos apresentam ideias inadequadas, como o fato da intensidade não está ligada a energia transportada pela onda, bem como o surgimento de um fluxo de energia. Essas ideias foram agrupadas na categoria *Subsunçor ausente*, uma vez que dificilmente irão servir como âncora para aprendizagens significativas de novos conceitos de forma apropriada.

Por fim, destaca-se que a partir da análise das proposições e das explicações individuais do MC-Inicial não foi possível identificar conhecimentos prévios ligados diretamente com a superposição de ondas ou com o conceito de timbre do som. Entretanto, foi possível identificar que emergiram subsunçores que poderão servir como âncora para a aprendizagem dos conceitos de altura e intensidade sonora.

#### 4.2 ANÁLISE DA ELABORAÇÃO DOS PROCESSOS COGNITIVOS DA DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E A RECONCILIAÇÃO INTEGRADORA PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

De modo a investigar os processos cognitivos realizamos a análise qualitativa dos mapas conceituais colaborativos 1, 2, 3 e 4, para cada um dos sete grupos, adaptando a análise estrutural (VIANA, 2016), a análise conceitual das proposições e a análise da rede proposicional frente à pergunta focal, elaborado por Conceição e Correia (2020). Além disso, analisou-se também as respostas das quatro primeiras perguntas do questionário aberto, referentes aos conceitos de superposição, timbre, intensidade e altura do som para a avaliação somativa, seguindo os critérios da análise de conteúdo (BARDIN, 2016).

Tomando a pesquisa de Aires (2017) como referência, os mapas conceituais colaborativos (APÊNDICE G) foram reconstruídos utilizando o software *Cmap Tools*. As mudanças identificadas durante as versões finais dos mapas conceituais colaborativos 2, 3 e 4, foram destacadas utilizando o seguinte critério de cores: marcação laranja para as alterações (conceitos, termos de ligação ou setas já existentes que foram alterados em

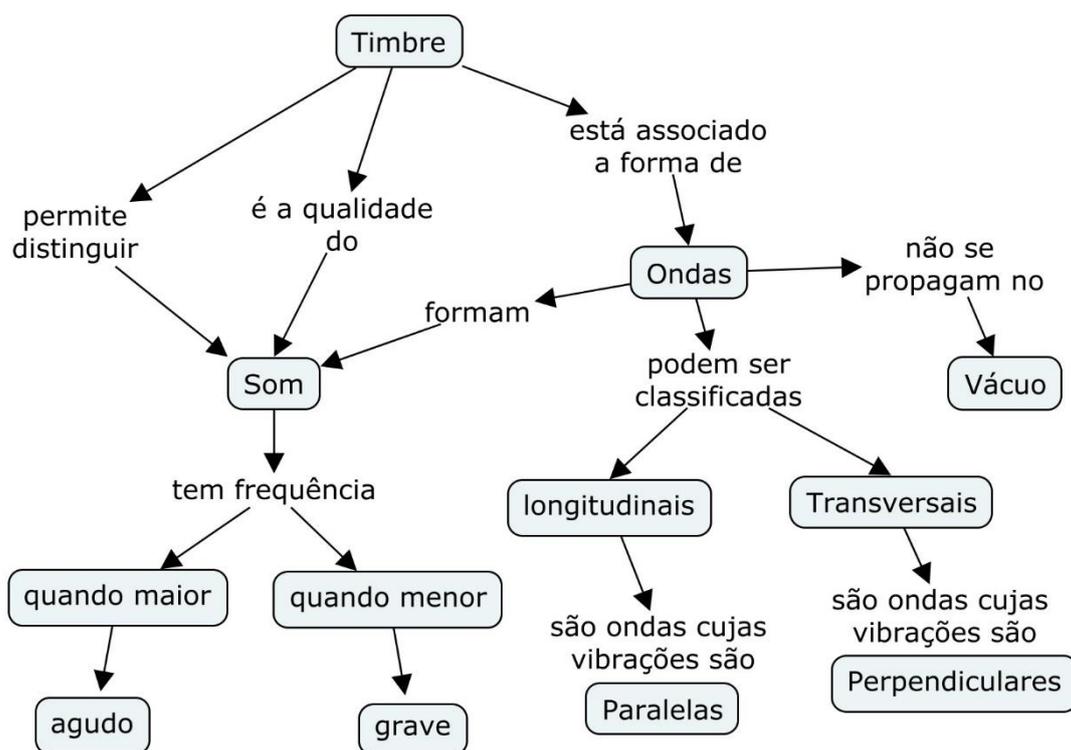
suas estruturas, conjugações ou sentidos, respectivamente) e marcação verde para as inclusões (conceitos ou ligações novos que foram acrescentados).

#### 4.2.1 Análise dos processos cognitivos do Grupo 01

##### Análise do mapa conceitual colaborativo 1

A elaboração do MC-1 ocorreu durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, depois da aplicação da primeira situação-problema, por meio do processo de colaboração seguindo o modelo da construção colaborativa do conhecimento (FISCHER et al., 2002; CRESS; KIMMERLE, 2008; BALLETO, 2020), Figura 33.

**Figura 33:** Versão final do MC-1 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A8, A9, A12, A16 e A28 do Grupo 1.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 1 - A8, A9, A12, A16 e A24  
 VERSÃO: 01

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 1 original (Apêndice G1)

A análise estrutural consiste na classificação da estrutura do mapa conceitual em radial, linear ou em rede, conforme os parâmetros descritos anteriormente. É possível

inferir que a estrutura do MC-1 se assemelha mais com a estrutura em rede comparada com a estrutura radial e linear, pois os conceitos representados no MC-1 mostram relações que vão além das proposições simples ligadas diretamente com o conceito inicial ou vão além do encadeamento sequencial de conceitos, ligados imediatamente acima e abaixo, apresentando ligações cruzadas entre proposições (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000).

Também se faz necessário, afirmar que esse primeiro mapa conceitual colaborativo não apresenta uma rede de conceitos altamente integrada e hierárquica que caracteriza uma estrutura em rede, contudo apresenta uma organização que rompe o encadeamento linear, implicando dizer que os estudantes já começam a apresentar uma estrutura proposicional mais complexa, sugerindo domínio sobre o tema, mesmo que sejam identificados proposições inapropriados na análise proposicional (CORREIA et al., 2016), indicando assim uma aprendizagem mais profunda (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013). Por sua vez, essa aprendizagem profunda implica numa aprendizagem significativa, na qual predomina a atribuição de significado de forma substancial e não arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-1 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual, não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A análise das proposições investiga o conteúdo presente nas proposições, possibilitando a identificação de estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas (Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies - LIPHs). As proposições são classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas. Para facilitar a discussão construímos o Quadro 16 com as proposições do MC-1 e sua classificação.

**Quadro 16:** Classificação das proposições do MC-1 do Grupo 1

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	permite distinguir	Som	INAPROPRIADA
Timbre	é a qualidade do	Som	INAPROPRIADA

Timbre	está associado a forma de	Ondas		APROPRIADA
Som	têm frequência	Quando maior	Agudo	LIMITADA
Som	têm frequência	Quando menor	Grave	LIMITADA
Ondas	formam	Som		INAPROPRIADA
Ondas	podem ser classificadas	Longitudinais		APROPRIADA
Ondas	podem ser classificadas	Transversais		APROPRIADA
Ondas	não se propagam no	Vácuo		INAPROPRIADA
Longitudinais	são ondas cujas vibrações são	Paralelas		INAPROPRIADA
Transversais	são ondas cujas vibrações são	Perpendiculares		INAPROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-1, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 1 é algo que além de permitir a distinção de som, está associado à forma de ondas e é a qualidade do som. Por meio dessas proposições mais gerais, o Grupo 1 relaciona as próximas proposições com os conceitos referentes à frequência da onda sonora e sua classificação conforme o tipo de propagação.

As proposições “*Som → Têm frequência → Quando maior → Agudo*” e “*Som → Têm frequência → Quando menor → Grave*” foram classificadas como limitadas. De acordo com Conceição e Correia (2020) quando a proposição (conceito inicial – termo de ligação → conceito final) não possui clareza semântica impede que o leitor compreenda como o mapeador relaciona os conceitos. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas o conteúdo das proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas.

As proposições “*Ondas → formam → Som*” e “*Ondas → não se propagam no → Vácuo*” foram classificadas como inapropriadas, uma vez que o seu conteúdo não está de acordo com o conceito científico. A primeira proposição está equivocada porque o Grupo 1 não mostrou que o som é um tipo de onda, visto que definimos o som como uma onda mecânica que transporta energia na forma de energia sonora (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2015). A segunda proposição também está equivocada, uma vez que apenas as ondas classificadas como mecânicas não possuem a característica de se propagar no vácuo, pois necessitam de um

meio material para se propagar, o exemplo mais relevante é a onda sonora (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2015).

Do mesmo modo, as proposições “*Longitudinais → são ondas cujas vibrações são Paralelas*” e “*Transversais → são ondas cujas vibrações são Perpendiculares*” também foram classificadas como inapropriadas, porque o conteúdo da proposição diverge do conceito científico. Essas proposições apresentam erros pequenos de clareza semântica, pois as palavras “longitudinais e transversais” isoladas não possuem nenhum significado físico, o termo correto dos conceitos seriam “Ondas longitudinais e Ondas transversais”. Além desses pequenos erros de clareza semântica, o conteúdo das proposições está limitado conforme o conceito científico. O conteúdo presente na proposição “*Longitudinais → são ondas cujas vibrações são Paralelas*” está equivocado, pois o pulso que gera a perturbação do meio material ocorre na mesma direção de propagação da onda, ou seja, dizemos que o pulso é paralelo à direção de propagação da onda. No caso das ondas classificadas como transversais, o pulso que gera a perturbação do meio ocorre fazendo um ângulo de noventa graus com a direção de propagação da onda, ou seja, dizemos que o pulso é perpendicular à direção de propagação (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2015). As duas proposições estão equivocadas porque o MC-1 omite a informação de que a direção das vibrações são perpendiculares e paralelas, respectivamente, em relação a direção de propagação da onda.

As proposições “*Timbre → permite distinguir → Som*” e “*Timbre → é a qualidade do → Som*” foram classificadas como inapropriadas, uma vez que o conteúdo das proposições omite algumas informações relevantes para descrever os conceitos. A primeira proposição afirma que o timbre permite a distinção de sons, contudo os estudantes omitem a informação de que o timbre distingue sons de mesma frequência e intensidade. Já a segunda proposição afirma que o timbre é a qualidade do som, levando a entender na forma como está escrita que existe apenas uma qualidade do som, todavia o timbre é apenas uma das qualidades do som, junto com a altura e a intensidade.

As proposições, “*Timbre → está associado a forma de → Ondas*”, “*Ondas → podem ser classificadas → Longitudinais*” e “*Ondas → podem ser classificadas → Transversais*” foram classificadas como apropriadas, mesmo as proposições apresentando pequenos erros de clareza semântica, uma vez que o conteúdo das

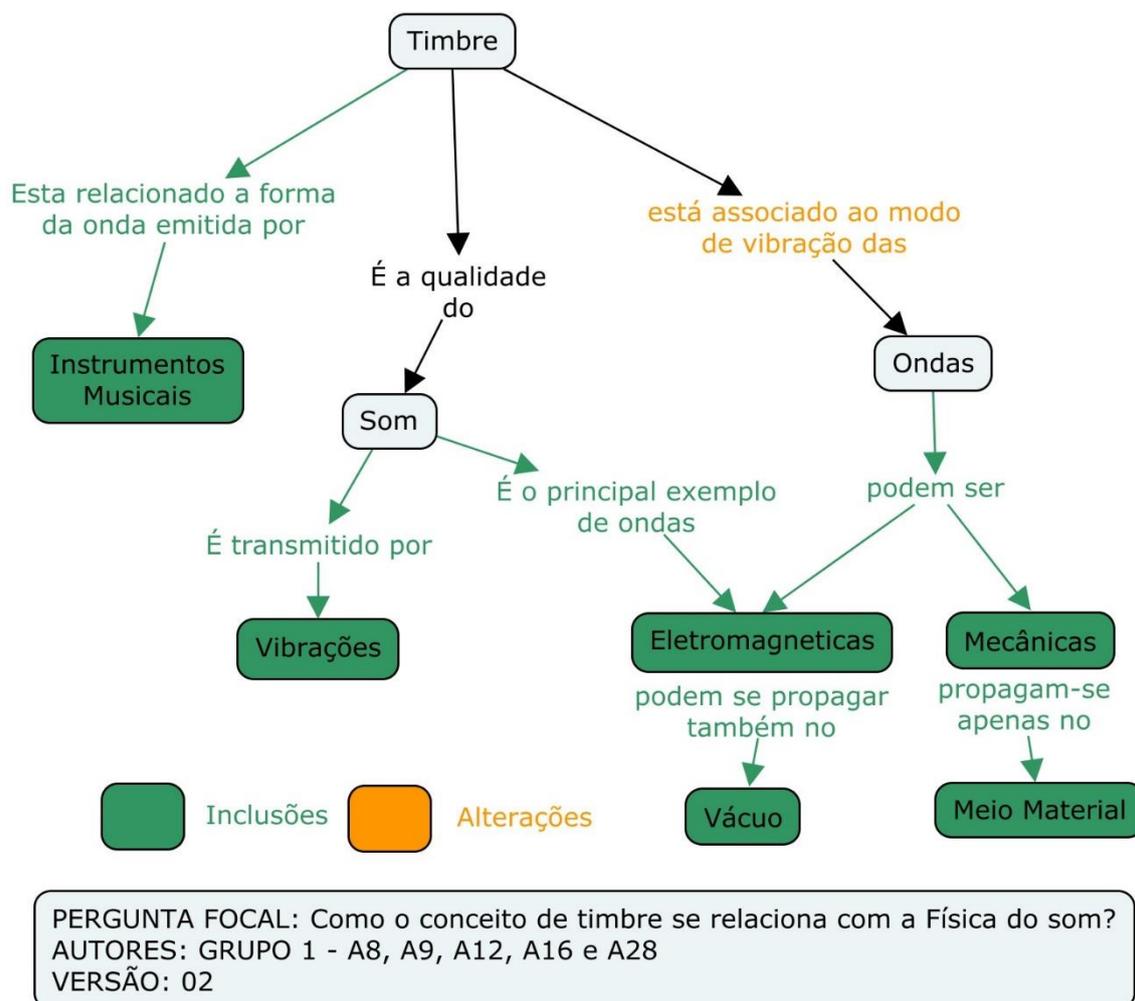
proposições converge com os conceitos científicos. A primeira proposição apresenta uma característica do timbre que é a sua relação com a forma da onda sonora. Já as duas últimas proposições se referem a classificação das ondas de acordo com o seu tipo de propagação.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-1 é possível identificar que o Grupo 1 conseguiu relacionar o conceito de timbre com conceitos mais gerais e, por sua vez, apresentar relações entre esses conceitos mais gerais com conceito de frequência e da classificação da onda, conforme sua forma de propagação. É possível inferir que esse primeiro mapa dá mais ênfase na diferenciação da classificação das ondas em transversais e longitudinais, bem como apresenta que as ondas não são propagadas no vácuo. Dessa forma, temos que a classificação das ondas não é tão relevante para responder à pergunta focal, indicando fuga parcial ao tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-1 é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, mesmo apresentando fuga parcial do tema, uma vez que os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 2**

O MC-2 foi construído após um momento de colaboração entre os grupos, participando também o professor e o pesquisador. Dessa forma, cada grupo pôde apresentar seu mapa conceitual e receber contribuições para a elaboração da versão final do MC-2, Figura 34

**Figura 34:** Versão final do MC-2 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A8, A9, A12, A16 e A28 do Grupo 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 2 original (Apêndice G2)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. É possível inferir que a estrutura do MC-2 se assemelha mais com a estrutura em rede do que com a estrutura radial e linear, pois o mapa apresenta uma organização que rompe com as proposições simples diretamente ligadas com o conceito inicial e com o encadeamento sequencial de conceitos ligados imediatamente acima e abaixo, apresentando ligações cruzadas entre proposições. Esse tipo de organização implica que os estudantes já começam a apresentar uma estrutura proposicional mais complexa, sugerindo domínio sobre o tema, mesmo que sejam identificadas proposições inapropriadas (CORREIA et al., 2016), indicando assim uma aprendizagem mais profunda (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), que por sua vez, implica numa aprendizagem significativa, na qual predomina a

atribuição de significado de forma substancial e não arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-2 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-2 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 17.

**Quadro 17:** Classificação das proposições do MC-2 do Grupo 1

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Esta relacionado a forma da onda emitida por	Instrumentos Musicais	APROPRIADA
Timbre	É a qualidade do	Som	APROPRIADA
Timbre	está associado ao modo de vibração das	Ondas	INAPROPRIADA
Som	É transmitido por	Vibrações	INAPROPRIADA
Som	É o principal exemplo de ondas	Eletromagnéticas	INAPROPRIADA
Ondas	podem ser	Eletromagnéticas	APROPRIADA
Ondas	podem ser	Mecânicas	APROPRIADA
Eletromagnéticas	podem se propagar também no	Vácuo	APROPRIADA
Mecânicas	propagam-se apenas no	Meio Material	APROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-2, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 1 se mantém associado ao modo de vibração das ondas, além de ser caracterizado como a qualidade do som. Após o processo de colaboração entre grupos, o Grupo 1 deixa de fazer menção à propriedade que o timbre possui de distinguir o som, ao mesmo tempo que relaciona o timbre à forma da onda emitida por instrumentos musicais. Do mesmo modo, a partir das proposições mais gerais, o Grupo 1 deixa de relacionar as próximas proposições com os conceitos referentes à frequência da onda sonora e sua classificação,

conforme o tipo propagação, e passa a relacionar o conceito de som com a vibração e classificação das ondas, conforme sua natureza.

A proposição “*Timbre → está associado ao modo de vibração das → Ondas*” foi classificada como inapropriada. A proposição afirma equivocadamente que o timbre está associado ao modo de vibração das ondas, uma vez que os modos de vibração é o resultado do fenômeno da superposição.

As proposições “*Som → É transmitido por → Vibrações*” e “*Som → É o principal exemplo de ondas → Eletromagnéticas*” também foram classificadas como inapropriadas. A relação entre o conceito de som e vibrações está equivocado, uma vez que as vibrações provocam a perturbação do ar gerando as ondas sonoras (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016). Temos que na segunda proposição, o conceito de som também está sendo relacionado de forma equivocada, visto que, as ondas sonoras que transportam o som são classificadas como ondas mecânicas porque necessitam do ar (meio material) para se propagarem (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2015).

As proposições “*Ondas → podem ser → Eletromagnéticas*”, “*Ondas → podem ser → Mecânicas*”, “*Eletromagnéticas podem se propagar também no → Vácuo*” e “*Mecânicas propagam-se apenas no → Meio Material*” foram classificadas como apropriadas. Destaca-se que algumas dessas proposições apresentam pequenos erros de clareza semântica como as duas últimas proposições, pois as palavras “Eletromagnéticas e Mecânicas”, isoladas, não possuem nenhum significado físico, o termo correto seria “ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas”, contudo foi possível interpretá-las observando a estrutura das proposições do MC-2.

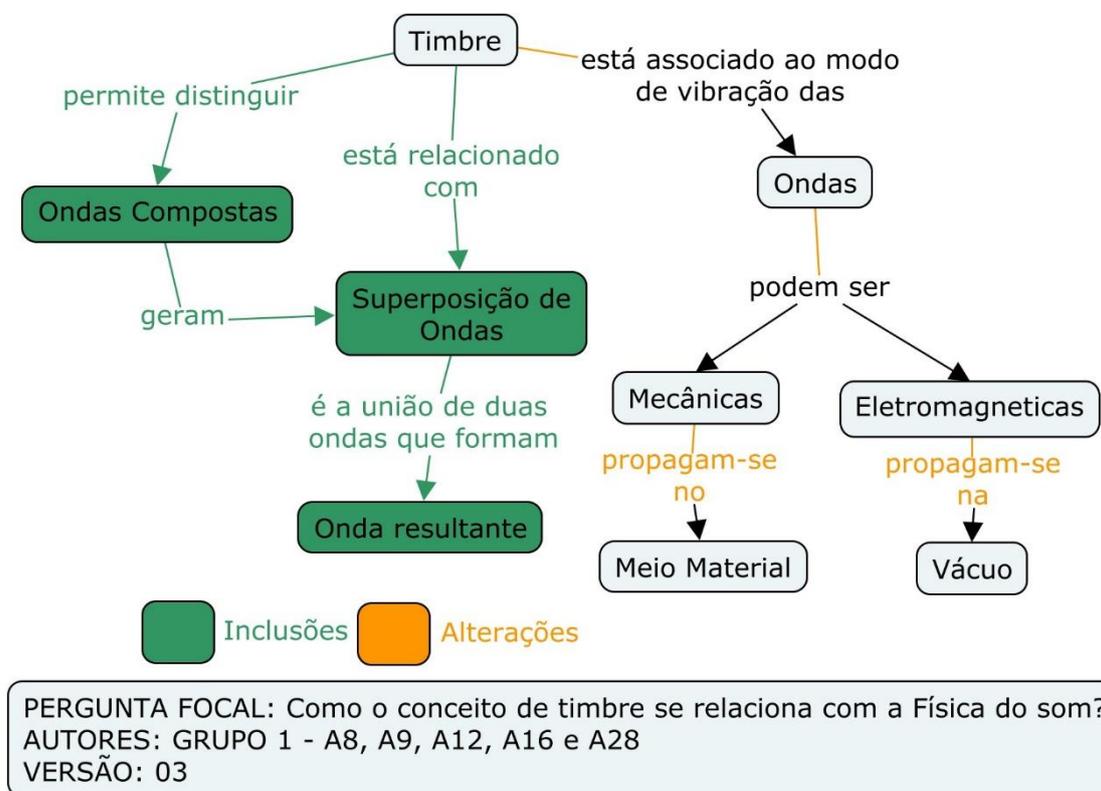
As proposições “*Timbre → Esta relacionado a forma da onda emitida por → Instrumentos Musicais*” e “*Timbre → É a qualidade do → Som*” foram classificadas como apropriadas. A primeira proposição afirma corretamente que o timbre está relacionado com o formato da onda gerada por um determinado instrumento musical (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2015). Já segunda proposição afirma que o timbre é classificado como qualidade do som, contudo os estudantes omitem a informação de que além do timbre existem outras duas características, a altura e a intensidade do som.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-2 é possível identificar uma mudança dos conceitos relacionados pelo mapa, tendo como principais as relações entre os conceitos de timbre, vibração e a classificação das ondas de acordo com a sua natureza. É possível inferir que esse segundo mapa dá mais ênfase na diferenciação da classificação das ondas em mecânicas e eletromagnéticas, bem como na natureza de suas propagações. Dessa forma, temos que a classificação das ondas não é tão relevante para responder à pergunta focal, indicando fuga parcial do tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-2 é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, mesmo apresentando fuga parcial ao tema, uma vez que os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 3**

O MC-3, Figura 35, foi construído logo após a aplicação da segunda situação-problema e o processo da reconciliação integradora, no qual foram trabalhadas as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre do som) e os fenômenos da interferência e superposição de ondas sonoras.

**Figura 35:** Versão final do MC-3 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A8, A9, A12, A16 e A28 do Grupo 1.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 3 original (Apêndice G3)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. É possível inferir que a estrutura do MC-3 se assemelha mais com a estrutura em rede do que com a estrutura radial e linear, pois o mapa apresenta uma organização que rompe com as proposições simples diretamente ligadas com o conceito inicial e com o encadeamento sequencial de conceitos ligados imediatamente acima e abaixo, apresentando ligações cruzadas entre proposições. Esse tipo de organização implica que os estudantes já começam a apresentar uma estrutura proposicional mais complexa, sugerindo domínio sobre o tema, mesmo que sejam identificadas proposições inapropriadas (CORREIA et al., 2016), indicando assim uma aprendizagem mais profunda (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), que por sua vez, implica numa aprendizagem significativa, na qual predomina a atribuição de significado de forma substancial e não arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-3 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-3 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 18.

**Quadro 18:** Classificação das proposições do MC-3 do Grupo 1

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Está relacionado com	Superposição de Ondas	LIMITADA
Timbre	Permite distinguir	Ondas Compostas	INAPROPRIADA
Timbre	Está associado ao modo de vibração das	Ondas	INAPROPRIADA
Ondas Compostas	Geram	Superposição de Ondas	INAPROPRIADA
Superposição de Ondas	É a união de duas ondas que formam	Onda Resultante	APROPRIADA
Ondas	Podem ser	Eletromagnéticas	APROPRIADA
Ondas	Podem ser	Mecânicas	APROPRIADA
Eletromagnéticas	Propagam-se no	Vácuo	APROPRIADA
Mecânicas	Propagam-se no	Meio Material	APROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-3, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 1 se mantém associado ao modo de vibração das ondas. Após o processo da reconciliação integradora, o Grupo 1 deixa de fazer menção à classificação do timbre como a qualidade do som, ao mesmo tempo que relaciona o timbre com o fenômeno da superposição e a propriedade que o timbre tem de distinguir ondas compostas. Além do mais, explica que o fenômeno da superposição forma a onda resultante, a partir da união de duas ou mais ondas. Do mesmo modo que, continua a citar a classificação das ondas em mecânicas e eletromagnéticas de acordo com a capacidade de propagação, apenas pelo meio material ou a possibilidade de se propagar no vácuo, respectivamente.

Temos que a análise proposicional permitiu observar que apenas a proposição “*Timbre – Está relacionado com → Superposição de Ondas*” foi classificada como limitada, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente, todavia as proposições formadas com o termo de ligação “*está relacionado com*” apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não apresentam qual é essa relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição de ondas. Também é importante destacar que é no MC-3 que o conceito de superposição aparece relacionado ao conceito de timbre pela primeira vez. Esse conceito é muito importante, pois é o fenômeno da superposição de ondas sonoras que explica o timbre, contudo o Grupo 1 não deixa evidente qual é a relação entre esses conceitos.

As proposições “*Ondas Compostas – Geram → Superposição de Ondas*” e “*Timbre – Permite distinguir → Ondas Compostas*” foram classificadas como inapropriadas porque divergem do conceito científico. A primeira proposição apresentada inverte os fenômenos, uma vez que é o resultado da superposição de ondas que forma uma onda composta (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2015). Já a segunda proposição afirma que o timbre permite distinguir ondas compostas, contudo as ondas compostas são o resultado da superposição de qualquer onda e não exclusivamente das ondas sonoras, logo, podemos inferir que os estudantes não conseguiram relacionar que as notas musicais são o resultado da superposição de várias ondas sonoras, de modo a gerar uma onda composta bem específica caracterizada pela fonte emissora.

A proposição “*Superposição de Ondas – É a união de duas ondas que formam → Onda Resultante*” foi classificada como apropriada, uma vez que o conteúdo das proposições está de acordo com o conceito científico. Entretanto, o Grupo 1 afirma que a superposição é a união de apenas duas ondas, no entanto esse fenômeno acontece com várias ondas.

De forma análoga, as proposições “*Eletromagnéticas – Propagam-se no → Vácuo*” e “*Mecânicas – Propagam-se no → Meio Material*” também foram classificadas como apropriadas. Essas proposições estavam representadas no MC-2, contudo passaram por alterações nos termos de ligação. A análise mostra um retrocesso do conceito porque os termos de ligação presentes no MC-2 eram mais apropriadas, uma vez que elas especificam melhor a forma de propagação de cada classificação. Portanto, ondas

eletromagnéticas também podem se propagar no vácuo, ou seja, a onda eletromagnética se propaga tanto em um meio material quanto no vácuo e a propagação das ondas mecânicas se restringem ao meio material, como ilustrado nas proposições “*Eletromagnéticas – Podem se propagar também no → Vácuo*” e “*Mecânicas – Propagam-se apenas no → Meio Material*” do MC-2.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-3 é possível identificar uma mudança dos conceitos relacionados pelo mapa, tendo como principais as relações entre os conceitos de timbre, superposição, onda composta e onda resultante, além da classificação das ondas de acordo com a sua natureza. É possível inferir que esse terceiro mapa continua dando ênfase na diferenciação da classificação das ondas em mecânicas e eletromagnéticas, bem como na natureza de suas propagações. Dessa forma, temos que a classificação das ondas não é tão relevante para responder à pergunta focal, indicando fuga parcial ao tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-1 é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, mesmo apresentando fuga parcial do tema, uma vez que os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica.

Fazendo um apanhado geral da análise dos mapas conceituais colaborativos do Grupo 1, temos que foi possível observar uma mudança do pensamento dos estudantes durante toda a elaboração dos mapas, de forma a identificar o processo de diferenciação progressiva. A mudança de pensamento e a identificação do processo de diferenciação progressiva podem ser justificadas pelo tipo de aprendizagem representada na estrutura proposicional dos mapas conceituais, uma vez que os mapas conceituais produzidos apresentam uma proximidade maior com a estrutura em rede, implicando numa aprendizagem mais profunda, ou seja, uma aprendizagem significativa no qual predomina a atribuição de significado de forma substancial e não arbitrária.

Temos que os estudantes conseguiram relacionar o conceito de timbre com o fenômeno da superposição, mas não conseguiram explicar qual é essa relação entre os conceitos. A análise também permitiu identificar que nenhum mapa conceitual buscou mostrar as diferenças e semelhanças entre os conceitos de altura e intensidade com o conceito de timbre do som. Por fim, podemos inferir que foi possível identificar o

processo da diferenciação progressiva em todos os mapas conceituais produzidos pelo grupo 1, contudo também podemos afirmar que não foi possível observar o processo da reconciliação integrativa.

### **Análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do questionário aberto - Grupo 1**

O questionário aberto (QA) foi aplicado durante a oitava etapa da aplicação da UEPS para avaliação somativa individual. No Quadro 19, trazemos as categorias e subcategorias que emergiram a partir da análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do QA, abordando os conceitos de superposição, timbre, altura e intensidade do som.

**Quadro 19:** Categorias e subcategorias emergidas da análise das respostas do QA, referentes às perguntas 1 a 4, respondidas pelos alunos A4, A8, A9, A16, A24 do Grupo 1.

<b>CAT.</b>	<b>SUBCAT.</b>	<b>UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO</b>	<b>COD.</b>
Definição do conceito de timbre (DT)	Timbre como uma composição de ondas (Tco)	“ <b>Timbre é uma composição de ondas</b> ”	[RESP1/A24 – G1] – DT – Tco
	Timbre está associado a forma da onda (Tfo)	“ <b>O timbre está associado a forma da onda</b> e permite distinguir os sons”	[RESP1/A8 – G1] – DT – Tfo
	Timbre permite distinguir sons de mesma intensidade e frequência (Tdif)	“ <b>O timbre nos permite distinguir sons de mesma intensidade e frequência</b> ”	[RESP1/A9 – G1] – DT – Tdif
		“ <b>O timbre do som é a forma da onda que nos permite distinguir o som de mesma intensidade e frequência</b> ”	[RESP1/A16 – G1] – DT – Tdif
Relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição (RTS)	Timbre necessita do fenômeno da superposição (Tfs)	“[...] para que o <b>timbre ocorra (tenha formação) é necessário que haja a superposição de onda que forma uma onda resultante</b> (forma única) consequentemente forma o timbre”	[RESP1/A16 – G1] – RTS – Tfs
Diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes (DNI)	Cada instrumento tem um som diferente (Cisd)	“Porque <b>cada instrumento tem um som diferente</b> ”	[RESP2/A24 – G1] – DNI – Cisd
	A mesma nota tocada por instrumentos diferentes possuem formatos distintos (Ntid)	“porquê <b>as ondas tem formatos diferentes</b> ”	[RESP2/A8 – G1] – DNI – Ntid
		“Porque <b>cada instrumento formam ondas diferentes e cada conjunto de ondas formam uma onda resultante diferente fazendo deles único</b> ”	[RESP2/A9 – G1] – DNI – Ntid

	Superposição (Sup)	“[...] a <b>superposição</b> dessas ondas produzidas formam ondas resultantes diferentes que formam seus timbres próprios”	[RESP2/A16 – G1] –DNI – Sup
Diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora (DTI)	Timbre é a amplitude da onda (Tao)	“[...] o <b>timbre é a amplitude de ondas</b> ”	[RESP3/A4 – G1] –DTI – Tao
	Timbre está relacionado a superposição enquanto a intensidade com a amplitude (Tsia)	“[...] o <b>timbre está relacionado a superposição de onda; e a intensidade sonora refere-se a amplitude</b> ou seja, seu volume”	[RESP3/A8 – G1] –DTI – Tsia
	Intensidade sonora é a quantidade de energia transmitida enquanto o timbre é o que diferencia ondas (Ietd)	“[...] É diferente pois a <b>intensidade sonora é a quantidade de energia a transmitida. Já o timbre é o que diferencia ondas</b> ”	[RESP3/A9 – G1] –DTI – Ietd
	Timbre está associado a superposição enquanto a intensidade está associada a quantidade de energia (Tsie)	“[...] O <b>timbre está associado a superposição de ondas e a intensidade sonora está associada a quantidade de energia que a onda transporta</b> ”	[RESP3/A16 – G1] –DTI – Tsie
Diferença entre os conceitos de timbre e altura do som (DTA)	Altura do som está relacionado com a frequência enquanto o timbre está associado a superposição (Afts)	“[...] <b>timbre é a superposição de onda e a altura do som tem haver com a frequência</b> , agudo ou grave”	[RESP4/A8 – G1] –DTA – Afts
		“[...] Pois a <b>altura do som está relacionada com a frequência onde a frequência maior é agudo e o menos é o som grave. Já o timbre está associado a superposição de ondas</b> ”	[RESP4/A9 – G1] –DTA – Afts
		“[...] A <b>altura depende da frequência do som; já o timbre depende da superposição da onda</b> ”	[RESP4/A16 – G1] –DTA – Afts

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

As respostas dos estudantes agrupadas na categoria “definição do conceito de timbre”, referentes à primeira pergunta do questionário, nos levam a identificar algumas concepções diferentes das apresentadas no MC-3. Para o aluno A24, o timbre é uma composição de ondas ([RESP1/A2 – G1] – RTS – Tco) enquanto que para o aluno A8, o timbre está associado a forma da onda ([RESP1/A8 – G1] – RTS – Tfo). As duas definições para o conceito de timbre não estão presentes nas proposições do MC-3. Essa mudança de pensamento vai de encontro com a proposição apresentada no mapa, no qual relaciona o conceito de timbre com o fenômeno da superposição. Diferentes deles, os alunos A9 e A16, afirmam de forma apropriada que o timbre é algo que permite distinguir sons de mesma intensidade e frequência, conforme observamos no trecho “O **timbre nos permite distinguir sons de mesma intensidade e frequência**” ([RESP1/A9 – G1] – RTS – Tdif). Essa compreensão apresentada pelos estudantes não está presente no MC-3, dessa

forma, podemos inferir que houve uma mudança positiva no pensamento dos alunos A9 e A16.

A partir da análise da primeira questão foi possível construir outra categoria denominada de “relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição”. A resposta do aluno A16 foi a única que pôde ser agrupada nessa categoria. O aluno A16 afirma que “[...] para que o **timbre ocorra (tenha formação) é necessário que haja a superposição de onda que forma uma onda resultante** (forma única) consequentemente forma o timbre” ([RESP1/A16 – G1] – RTS - Tfs). A compreensão do Aluno 16 de que o timbre necessita do fenômeno da superposição não está presente no MC-3, desse modo, é possível inferir que houve uma mudança positiva no pensamento desse estudante.

A segunda questão quis identificar se os estudantes conseguiram compreender uma das características do timbre, que é a propriedade de diferenciar a mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes. Dessa forma, por meio da segunda pergunta foi construída a categoria “diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes” e a partir das respostas dos estudantes emergiram subcategorias que trazem concepções sobre o conceito de timbre que não foram apresentadas no MC-3. Para o aluno A24, a explicação para esse fenômeno físico do cotidiano é, simplesmente, que “[...] **cada instrumento tem um som diferente**” ([RESP2/A24 – G1] – DNI - Cisd), dessa forma, não relaciona que essa diferença entre os sons é por causa do timbre. Já os alunos A8 e A9 até explicam que esse fenômeno acontece “porquê **as ondas tem formatos diferentes**” ([RESP2/A8 – G1] – DNI - Ofd), mas não relacionam que esse “formato diferente” é o que chamamos de timbre. Temos que o aluno A16 justifica essa diferença de sons afirmando que “[...] a **superposição** dessas ondas produzidas formam ondas resultantes diferentes que formam seus timbres próprios” ([RESP2/A16 – G1] – DNI – Sup). Dessa forma, é possível inferir que houve uma mudança cognitiva positiva pelo aluno A16, uma vez que o estudante explica a diferença entre os sons da mesma nota tocado por instrumentos diferentes, de forma apropriada, utilizando os conceitos de superposição e timbre, ao mesmo tempo que essa compreensão não é apresentada no MC-3.

A partir da terceira pergunta foi construída a categoria “diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora”. Para o aluno A4, essa diferença se dá pois o

timbre é a amplitude da onda. Essa concepção inapropriada de que o timbre é a amplitude da onda não está apresentada na MC-3, sendo possível inferir que houve uma mudança cognitiva negativa. O aluno A8 diferencia os conceitos corretamente afirmando que o timbre está relacionado a superposição enquanto a intensidade está relacionada com a amplitude ([RESP3/A8 – G1] –DTI – Tsia). O aluno A9 também diferencia os conceitos afirmando que o timbre é o que diferencia notas musicais enquanto a intensidade é a quantidade de energia transmitida ([RESP3/A9 – G1] –DTI – Ietd). É possível inferir que o aluno A9 relaciona que o timbre é a característica que diferencia notas musicais, contudo o estudante não afirma que o timbre diferencia notas musicais de mesma frequência e intensidade. Por fim, temos que o aluno A16 também diferencia os conceitos afirmando, corretamente, que o timbre está associado a superposição de ondas enquanto a intensidade é a quantidade de energia ([RESP3/A16 – G1] –DTI – Tsie). É possível inferir que os alunos A8, A9 e A16 apresentam avanços cognitivos, uma vez que suas justificativas estão corretas. Esse avanço cognitivo foi identificado, pois o MC-3 não apresenta a diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora.

Por meio da quarta pergunta foi construído a categoria “diferença entre os conceitos de timbre e altura do som”. Os alunos A8, A9 e A16 apresentam a mesma justificativa para a diferença entre os conceitos, afirmando que o timbre está relacionado à superposição de ondas enquanto a altura do som está relacionada à frequência da onda. O Aluno A9 vai um pouco além em sua resposta, afirmando que a menor frequência caracteriza o som grave e a maior frequência caracteriza o som mais agudo ([RESP4/A9 – G1] –DTA– Afts). Também é possível inferir que houve uma mudança relevante no entendimento dos estudantes, uma vez que o MC-3 não apresenta a diferença entre o conceito de timbre e altura do som.

Temos que a maioria dos estudantes do Grupo 1 responderam às quatro primeiras perguntas do questionário, de forma organizada e apresentando justificativas pertinentes, mesmo que algumas concepções alternativas tenham emergido. Essa capacidade de explicar os conceitos em novas situações é um indício de aprendizagem significativa, no qual é caracterizado pela atribuição de significado (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017). Essa inferência ganha mais força quando olhamos para o tipo de estrutura proporcional apresentada no MC-3, uma estrutura em rede que implica numa aprendizagem mais profunda (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), ou seja, uma

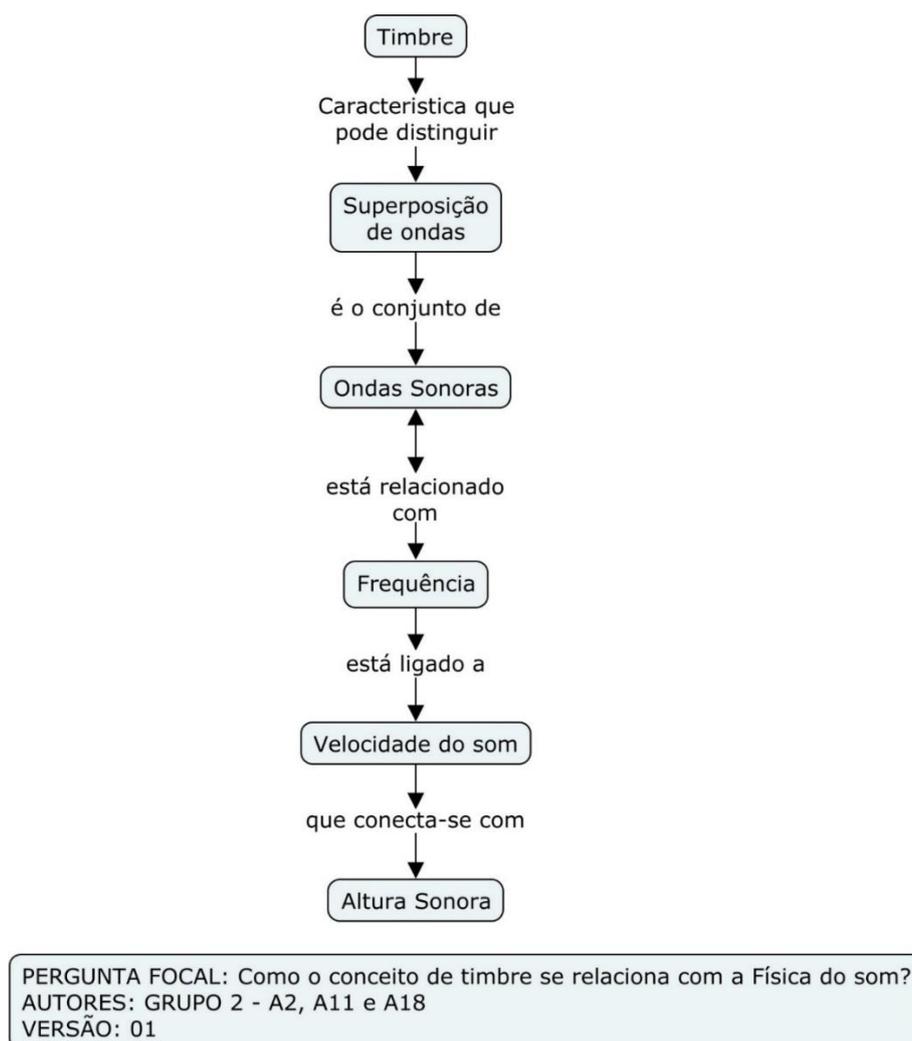
aprendizagem significativa, mesmo que sejam encontradas concepções alternativas (CORREIA et al., 2016).

#### 4.2.2 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo Grupo 02

##### Análise do mapa conceitual colaborativo 1

A elaboração do MC-1 ocorreu durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, depois da aplicação da primeira situação-problema, por meio do processo de colaboração seguindo o modelo da construção colaborativa do conhecimento (FISCHER et al., 2002; CRESS; KIMMERLE, 2008; BALLETO, 2020), Figura 36.

**Figura 36:** Versão final do MC-1 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A2, A11 e A18 do Grupo 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 1 original (Apêndice G4)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-1 é caracterizada como uma estrutura linear, uma vez que a rede proposicional é marcada pelo encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas entre proposições. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que os mapeadores apresentam uma aprendizagem superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica no qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-1 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHs. As proposições do MC-1 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 20.

**Quadro 20:** Classificação das proposições do MC-1 do Grupo 2

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Característica que pode distinguir	Superposição de Ondas	INAPROPRIADA
Superposição de Ondas	É o conjunto de	Ondas Sonoras	INAPROPRIADA
Ondas Sonoras	Está relacionado com	Frequência	LIMITADA
Frequência	Está ligado a	Velocidade do Som	LIMITADA
Velocidade do Som	Que conecta-se com	Altura Sonora	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-1, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 2 é a característica que pode distinguir superposição de ondas. Por meio dessa proposição mais geral, o Grupo 2 relaciona as próximas proposições de forma linear com os conceitos referentes a ondas sonoras, frequência, velocidade do som e altura sonora.

As proposições “*Ondas Sonoras ↔ Está relacionado com → Frequência*”, “*Frequência → Está ligada a → Velocidade*” e “*Velocidade do som → Que conecta-se → Altura do Som*” foram classificadas como limitada, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente, todavia as proposições formadas simplesmente com os termos de ligação “*está ligado a*”, “*está relacionado com*” e “*que conecta-se*” apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não apresentam qual é a relação entre os conceitos. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

Já as proposições “*Superposição de Ondas → É o conjunto de → Ondas Sonoras*” e “*Timbre → Característica que pode distinguir → Superposição de Ondas*” foram classificadas como inapropriadas porque divergem do conceito científico. Na primeira proposição é apresentado que o fenômeno da superposição é o conjunto de ondas sonoras. Essa proposição é inapropriada, pois o conceito de superposição é o resultado da interferência de duas ou mais ondas e não um conjunto de ondas (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HALLIDAY; RESNICK, 2012; HEWITT, 2015). Do mesmo modo, a segunda proposição afirma que o timbre é a característica que pode distinguir a superposição de ondas, mas é o inverso porque é o fenômeno da superposição que caracteriza o timbre de cada nota musical, emitida por um determinado instrumento (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HEWITT, 2015).

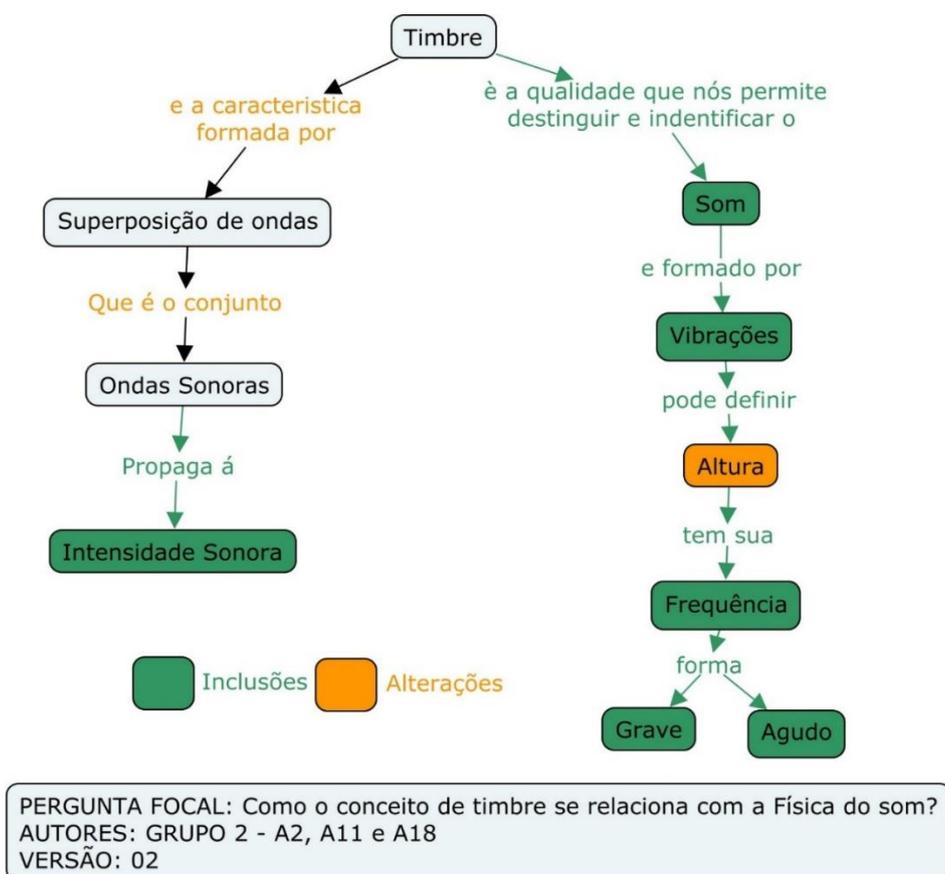
A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-1 é possível identificar que o mapa se relaciona basicamente com os conceitos de timbre, superposição de ondas, ondas sonoras, frequência, velocidade e altura sonora. É possível inferir que a proposição que relaciona o conceito de velocidade do som com a frequência

sonora não é tão relevante para responder à pergunta focal, implicando na fuga parcial do tema, além disso, temos que nenhuma das proposições do MC-1 que fazem ligação com o conceito de timbre foi classificada como apropriada. Desse modo, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-1 é possível inferir que o mapa não responde à pergunta focal, uma vez que apresenta fuga parcial ao tema e nenhuma proposição apropriada.

### Análise do mapa conceitual colaborativo 2

O MC-2 foi construído após um momento de colaboração entre os grupos, participando também o professor e o pesquisador. Dessa forma, cada grupo pôde apresentar seu mapa conceitual e receber contribuições para a elaboração da versão final do MC-2, Figura 37.

**Figura 37:** Versão final do MC-2 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A2, A11 e A18 do Grupo 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 2 original (Apêndice G5)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-

2 continua se assemelhando mais com a estrutura linear comparada com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), as proposições não apresentam ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que os mapeadores apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-2 apresenta uma organização hierárquica, que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHs. As proposições do MC-2 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 21.

**Quadro 21:** Classificação das proposições do MC-2 do Grupo 2

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	E a característica formada por	Superposição de Ondas	APROPRIADA
Superposição de Ondas	Que é o conjunto de	Ondas Sonoras	LIMITADA
Ondas Sonoras	Propaga á	Intensidade Sonora	INAPROPRIADA
Timbre	È a qualidade que nós permite distinguir e identificar o	Som	APROPRIADA
Som	E formado por	Vibrações	INAPROPRIADA
Vibrações	Pode definir	Altura	INAPROPRIADA
Altura	Tem sua	Frequência	LIMITADA
Frequência	Forma	Grave	LIMITADA
Frequência	Forma	Agudo	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelos autores

Por meio da análise do MC-2, é possível inferir que após o processo de colaboração entre grupos, o Grupo 2 deixa de relacionar o timbre como a característica que pode distinguir o fenômeno da superposição de ondas, ao mesmo tempo que passa a relacionar o timbre com a característica que é formada pela superposição de ondas e que permite distinguir e identificar o som. Por meio dessas proposições mais gerais, o Grupo 2 continua a relacionar as próximas proposições de forma linear com os conceitos de ondas sonoras e frequência, e adiciona novos conceitos como vibrações e intensidade.

As proposições “*Superposição de Ondas → Que é o conjunto de → Ondas Sonoras*”, “*Altura → Tem sua → Frequência*”, “*Frequência → Forma → Grave*” e “*Frequência → Forma → Agudo*” foram classificadas como limitadas, visto que seus termos de ligação apresentam problemas de clareza semântica. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

As proposições, “*Som → E formado por → Vibrações*”, “*Ondas Sonoras → Propaga á → Intensidade Sonora*” e “*Vibrações → Pode definir → Altura*” foram classificadas como inapropriadas, mesmo tendo alguns erros pequenos de clareza semântica. Sugerindo que foi possível observar que o conteúdo das proposições está mal definido de acordo com o conceito científico.

Da forma como a primeira proposição está escrita, dá a entender que o som é formado por vibrações, contudo temos que o som é formado por meio das perturbações do ar (meio material) que propagam energia. Essas vibrações não formam o som, mas sim provocam a perturbação do ar, formando as ondas sonoras. De forma análoga, o conteúdo da segunda proposição também está incorreto, uma vez que o conceito de intensidade sonora foi mal elaborado, uma vez que a onda propaga energia e não intensidade, contudo essa energia pode ser quantificada, medindo sua intensidade (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HEWITT, 2015). Por último, temos a terceira proposição também está mal elaborada porque a altura é definida pela frequência de onda sonora.

As proposições “*Timbre → E a característica formada por → Superposição de Ondas*” e “*Timbre → é a qualidade que nós permite distinguir e identificar o → Som*”

foram classificadas como apropriadas, mesmo tendo alguns erros simples de clareza semântica. Sugerindo que foi possível observar que o conteúdo das proposições está de acordo com o conceito científico.

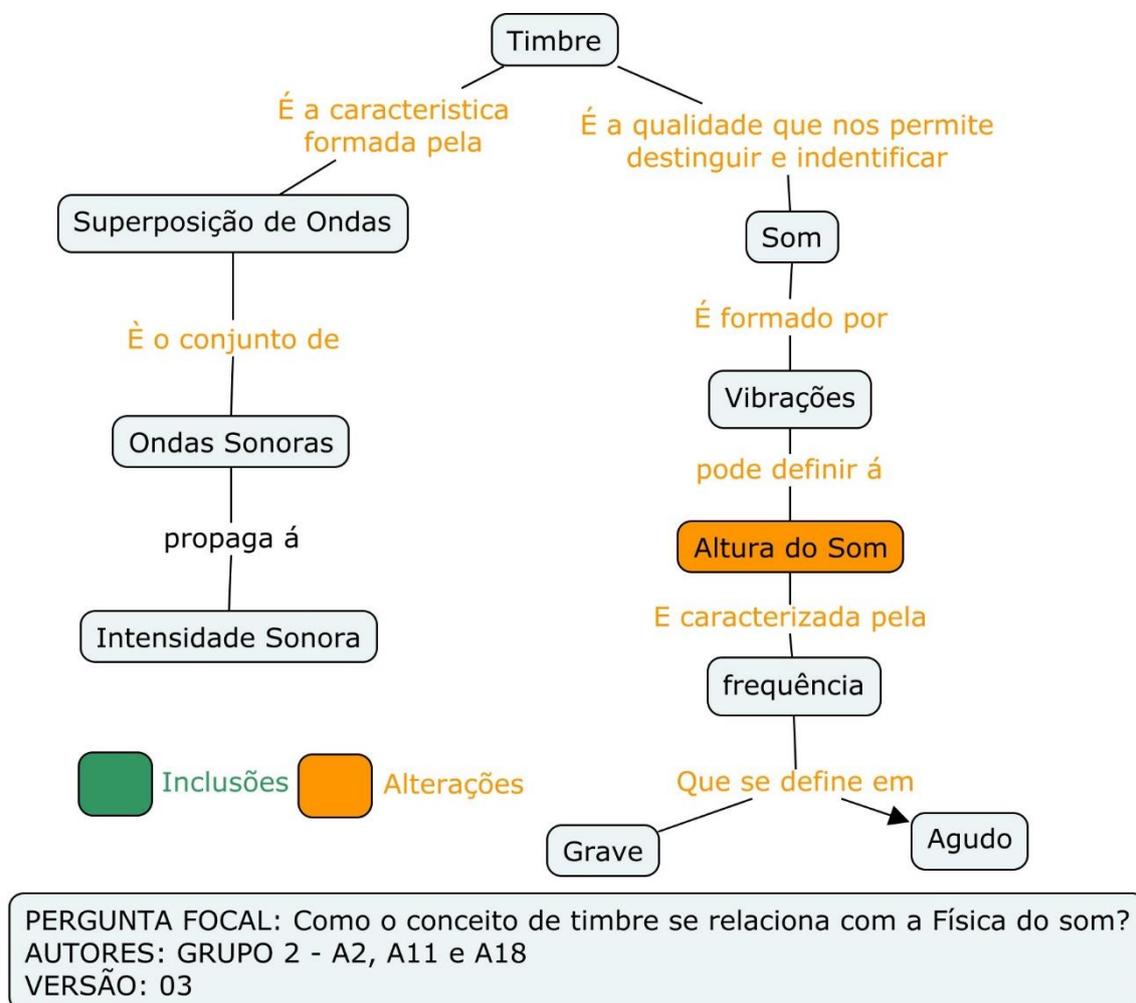
Na primeira proposição, é possível identificar que os estudantes conseguiram relacionar de forma coerente que o timbre é o resultado do fenômeno da superposição de ondas sonoras. Já a segunda proposição apresenta adequadamente a relação entre os conceitos, contudo a proposição não deixa explícito que o timbre permite distinguir sons de mesma frequência e intensidade sonora, ou que é a característica que permite distinguir a mesma nota tocada por instrumentos diferentes.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” A partir da análise do MC-2 é possível identificar uma mudança dos conceitos relacionados pelo mapa, tendo como principais as relações entre o conceito de timbre e os conceitos de som e superposição. Temos que o mapa conceitual apresenta proposições pertinentes à pergunta focal, não sendo possível a identificação de fuga do tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-2 é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, uma vez que, os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica e não houve fuga ao tema.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 3**

O MC-3, Figura 38, foi construído logo após a aplicação da segunda situação-problema e o processo da reconciliação integradora, no qual foram trabalhadas as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre do som) e os fenômenos da interferência e superposição de ondas sonoras.

**Figura 38:** Versão final do MC-3 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A2, A11 e A18 do Grupo 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 3 original (Apêndice G6)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-3 está melhor organizada a partir da mudança de alguns termos de ligação, contudo a estrutura do mapa continua se assemelhando mais com a estrutura linear comparada com a estrutura em rede, pois a maioria das proposições ainda apresentam o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas entre proposições. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que os mapeadores apresentam uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013),

implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-3 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual, não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-3 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 22.

**Quadro 22:** Classificação das proposições do MC-3 do Grupo 2

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	É a característica formada pela	Superposição de Ondas	APROPRIADA
Superposição de Ondas	È o conjunto de	Ondas Sonoras	INAPROPRIADA
Ondas Sonoras	Propaga á	Intensidade Sonora	INAPROPRIADA
Timbre	É a qualidade que nos permite distinguir e indentificar	Som	APROPRIADA
Som	É formado por	Vibrações	INAPROPRIADA
Vibrações	Pode definir á	Altura do Som	INAPROPRIADA
Altura do Som	E caracterizada pela	Frequência	APROPRIADA
Frequência	Que se define em	Grave	LIMITADA
Frequência	Que se define em	Agudo	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-3 possibilita inferir que após o processo da reconciliação integradora, o Grupo 2 permaneceu relacionando o conceito de timbre como a característica que é formada pela superposição de ondas, bem como permite distinguir e identificar o som. Por meio dessas proposições mais gerais, o Grupo 2 também continua relacionando as próximas proposições de forma linear com os conceitos de ondas sonoras, intensidade, vibrações, altura do som, frequência, grave e agudo.

As proposições “*Frequência → Que se define em → Grave*” e “*Frequência → Que se define em → Agudo*” foram classificadas como limitadas, visto que seus termos de ligação apresentam problemas de clareza semântica. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

As proposições “*Superposição de Ondas → É o conjunto de → Ondas Sonoras*”, “*Ondas Sonoras → Propaga á → Intensidade Sonora*”, “*Som → É formado por → Vibrações*” e “*Vibrações → Pode definir á → Altera do Som*” sofreram apenas alterações gramaticais, contudo continuaram sendo classificadas como inapropriadas, visto que seu conteúdo diverge do conceito científico.

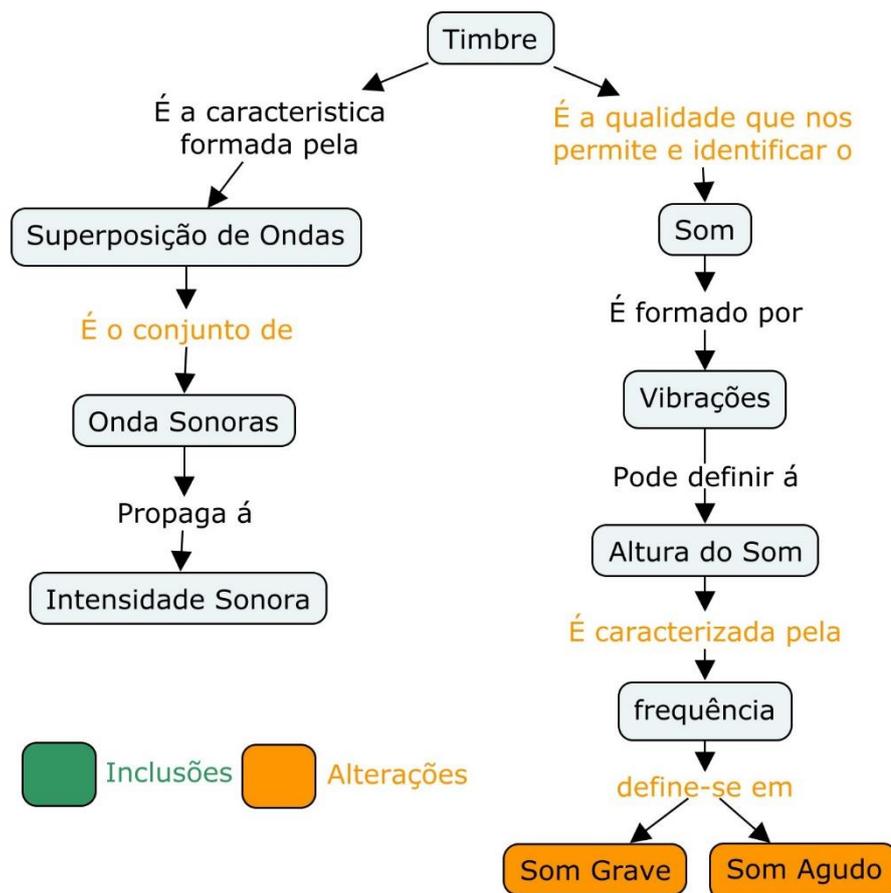
As proposições “*Timbre → É a característica formada pela → Superposição de Ondas*” e “*Timbre → É a qualidade que nos permite distinguir e indentificar → Som*” também sofreram alterações apenas gramaticais aumentando a clareza semântica das proposições. Após as mudanças a proposição “*Altura do Som → E caracterizada pela → Frequência*” foi classificada como apropriada, mesmo possuindo pequenos erros de clareza semântica, uma vez que o conteúdo da proposição converge com o conceito científico. Essa proposição apresenta a relação correta entre os conceitos de altura do som e frequência, uma vez que é a frequência que vai definir o som como som alto, ou som baixo, ou até mesmo como som grave ou som agudo.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-3 é possível identificar que apenas houve mudanças nos termos de ligação, aumentando a clareza semântica das proposições. O mapa conceitual continua apresentando conceitos chaves como conceito de timbre, som e superposição de ondas. Temos que o mapa conceitual apresenta proposições pertinentes à pergunta focal, não sendo possível a identificação de fuga ao tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-3, é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, uma vez que os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica e não houve fuga ao tema.

### Análise do mapa conceitual colaborativo 4

O MC-4 foi construído durante a etapa do processo da reconciliação integradora, após o momento de colaboração entre os grupos, Figura 39.

**Figura 39:** Versão final do MC-4 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A2, A11 e A18 do Grupo 2.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 2 - A2, A11 e A18  
 VERSÃO: 04

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 4 original (Apêndice G7)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-3 está melhor organizada a partir da mudança de alguns termos de ligação, contudo a estrutura do mapa continua se assemelhando mais com a estrutura linear comparada com a estrutura em rede, pois a maioria das proposições ainda apresentam o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY;

ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas entre proposições. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que os mapeadores apresentam uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-4 apresenta uma organização hierárquica, que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPhs. As proposições do MC-4 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 23.

**Quadro 23:** Classificação das proposições do MC-4 do Grupo 2

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	É a característica formada pela	Superposição de Ondas	APROPRIADA
Superposição de Ondas	É o conjunto de	Ondas Sonoras	INAPROPRIADA
Ondas Sonoras	Propaga á	Intensidade Sonora	INAPROPRIADA
Timbre	É a qualidade que nos permite distinguir e identificar	Som	APROPRIADA
Som	É formado por	Vibrações	INAPROPRIADA
Vibrações	Pode definir á	Altura do Som	INAPROPRIADA
Altura do Som	É caracterizada pela	Frequência	APROPRIADA
Frequência	Define-se em	Som Grave	APROPRIADA
Frequência	Define-se em	Som Agudo	APROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-4 possibilita inferir que após o momento de colaboração entre os grupos, durante a etapa da reconciliação integradora, o Grupo 2 permaneceu relacionando o conceito de timbre como a característica que é formada pela superposição de ondas, bem como permite distinguir e identificar o som. Por meio dessa análise,

também é possível afirmar que apenas houve mudanças nos conceitos de grave e agudo que passaram a ser escritos como som grave e som agudo, aumentando a clareza semântica do mapa conceitual.

As proposições “*Altura do Som → É caracterizada pela → Frequência*”, “*Frequência → Define-se em → Som Grave*” e “*Frequência → Define-se em → Som Agudo*” foram classificadas como apropriadas, uma vez que o conteúdo das proposições converge com os conceitos científicos. Na primeira proposição é apresentado de forma correta a relação entre os conceitos de altura do som e frequência, uma vez que a altura de uma nota musical é definida pela frequência da onda sonora. Temos que na segunda e terceira proposições, é apresentado que a frequência é a responsável pela definição do som grave e do som agudo, o que está correto, todavia o MC-4 não relaciona que o som grave possui frequência mais baixa e que o som agudo possui frequência mais alta. As demais proposições do mapa conceitual não sofreram mudanças.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-4 é possível identificar que o mapa se relaciona basicamente com os conceitos de timbre, superposição de ondas, altura e intensidade sonora. O MC-4 não apresentou muitas mudanças comparada com a sua versão anterior, apresentando as mesmas relações. Portanto, por meio da análise do conjunto das proposições é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, uma vez que os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica e não houve fuga ao tema.

A análise de todos os mapas conceituais colaborativos elaborados pelo grupo 2 permitiu observar uma mudança mais intensa do pensamento dos estudantes durante a elaboração dos dois primeiros mapas conceituais, tendo o MC-3 e o MC-4 mudanças mais focadas nos termos de ligação. Essa falta de mudanças dos conceitos durante a elaboração dos mapas conceituais colaborativos pode ser justificada pelo tipo de aprendizagem representada na estrutura proposicional dos mapas conceituais, uma vez que os mapas apresentam uma estrutura linear, implicando numa aprendizagem mais superficial, ou seja, uma aprendizagem mecânica, na qual predomina a memorização dos conceitos de forma arbitrária.

Temos também que a partir da análise do MC-2, foi possível observar que os estudantes conseguiram relacionar o conceito de timbre como uma qualidade que resulta do fenômeno da superposição de ondas. Contudo, os estudantes não conseguiram relacionar que o timbre é a característica que permite distinguir sons de mesma frequência e intensidade. Do mesmo modo, o mapa apresenta que a altura do som é definida pela frequência, mas não explica que o som grave possui baixa frequência e que o som agudo possui alta frequência. Além disso, foi possível identificar durante toda elaboração dos mapas conceitos o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados, contudo a análise permitiu identificar que nenhum mapa conceitual buscou mostrar as diferenças e semelhanças entre os conceitos de altura e intensidade com o conceito de timbre, por meio do processo de reconciliação integradora.

### **Análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do questionário aberto - Grupo 2**

O QA foi aplicado durante a oitava etapa da aplicação da UEPS para avaliação somativa individual. No Quadro 24, trazemos as categorias e subcategorias que emergiram a partir da análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do QA, abordando os conceitos de superposição, timbre, altura e intensidade do som.

**Quadro 24:** Categorias e subcategorias emergidas da análise das respostas do QA, referentes às perguntas 1 a 4, respondidas pelos alunos A11, A18 e A33 do Grupo 2.

<b>CAT.</b>	<b>SUBCAT.</b>	<b>UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO</b>	<b>COD.</b>
Definição do conceito de timbre (DT)	-	-	-
Relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição (RTS)	Timbre permite distinguir a superposição de ondas (Tds)	<b>“O timbre do som é uma característica que permite distinguir a superposição de ondas”</b>	[RESP1/A33 – G2] – RTS – Tds
Diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes (DNI)	Notas musicais são diferentes (Nmd)	<b>“porque por mais que o som tenhas notas parecidas tem sempre algo que pode diferenciar”</b>	[RESP2/A11 – G2] – DNI – Nmd
	Fatores diferentes (Fd)	<b>“pois apesar de ser a mesma nota musical existem vários fatores que fazem com que a</b>	[RESP2/A18 – G2] – DNI – Fd

		forma que aquela nota seja soada de forma diferente”	
	Tipos de timbre (Tt)	“Existe <b>vários tipos de timbre</b> , e dependendo do instrumento ele varia”	[RESP2/33 – G2] – DNI – Tt
Diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora (DTI)	Intensidade sonora é a quantidade de energia (Iqe)	“[...] <b>a intensidade sonora é a quantidade de energia do som</b> [...]”	[RESP3/A33 – G2] – DTI – Iqe
Diferença entre os conceitos de timbre e altura do som (DTA)	Altura relação entre o som grave e agudo (Aga)	“[...] <b>altura do som é o que define se o som vai ser grave ou agudo</b> ”	[RESP4/A18 – G2] – DTA – Aga
		“[...] <b>porque altura do som é algo relacionado com som grave e agudo</b> ”	[RESP3/A33 – G2] – DTA – Aga

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Nenhuma resposta pôde ser agrupada na categoria “definição do conceito de timbre”. Apenas a resposta do aluno A33 foi agrupada na categoria “relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição”. Para o aluno A33, o timbre permite distinguir a superposição de ondas, como ilustrado no trecho “**O timbre do som é uma característica que permite distinguir a superposição de ondas**” ([RESP1/A33 – G2] – RTS – Tds). Essa resposta vai de encontro com a MC-4, uma vez que o mapa apresenta, apropriadamente, que o timbre é a característica formada pelo fenômeno da superposição de ondas.

Após a análise, foi possível identificar que emergiram três respostas que foram agrupadas na categoria “diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes”. Por sua vez, essas respostas foram classificadas em subcategorias distintas por apresentarem justificativas diferentes. O aluno A11 justifica a diferença do som da mesma nota tocada por instrumentos diferentes, afirmando que as notas musicais são simplesmente diferentes, como ilustrado no trecho: “**porque por mais que o som tenha notas parecidas tem sempre algo pode diferenciar**” ([RESP2/A11 – G2] – DNI - Nmd). Para o aluno A18, os sons possuem fatores que são responsáveis por diferenciar as notas musicais ([RESP2/A18 – G2] – DNI - Fd). É possível inferir que tanto o aluno A11 quanto o aluno A18 não conseguiram relacionar que essa mudança de sons é por causa do timbre de cada instrumento. Já o aluno A33 justifica que essa mudança de sons ocorre por causa da existência de vários timbres que dependem do instrumento ([RESP2/33 – G2] – DNI – Tt). A partir da resposta do aluno A33 é possível afirmar que houve uma mudança da sua compreensão, uma vez que o MC-4 não apresenta que timbre é a característica que permite diferenciar a mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes.

Apenas a resposta do aluno A33 foi agrupada na categoria “diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora”. O estudante apresenta de forma apropriada que a intensidade sonora é a quantidade de energia ([RESP3/A33 – G2] – DTI – Iqe), sendo possível inferir que houve uma mudança no pensamento do estudante, uma vez que o MC-4 não apresenta essa relação.

A categoria “diferença entre os conceitos de timbre e altura do som” agrupa as respostas dos alunos A18 e A33, afirmando que a altura do som define se o som é grave ou agudo. As respostas dos estudantes estão de acordo com as informações apresentadas no MC-4, sendo possível inferir que não houve mudança de compreensão. De forma análoga ao MC-4, as respostas dos alunos A18 e A33 não apresentam que frequências maiores caracterizam os sons agudos e frequências menores caracterizam os sons mais graves.

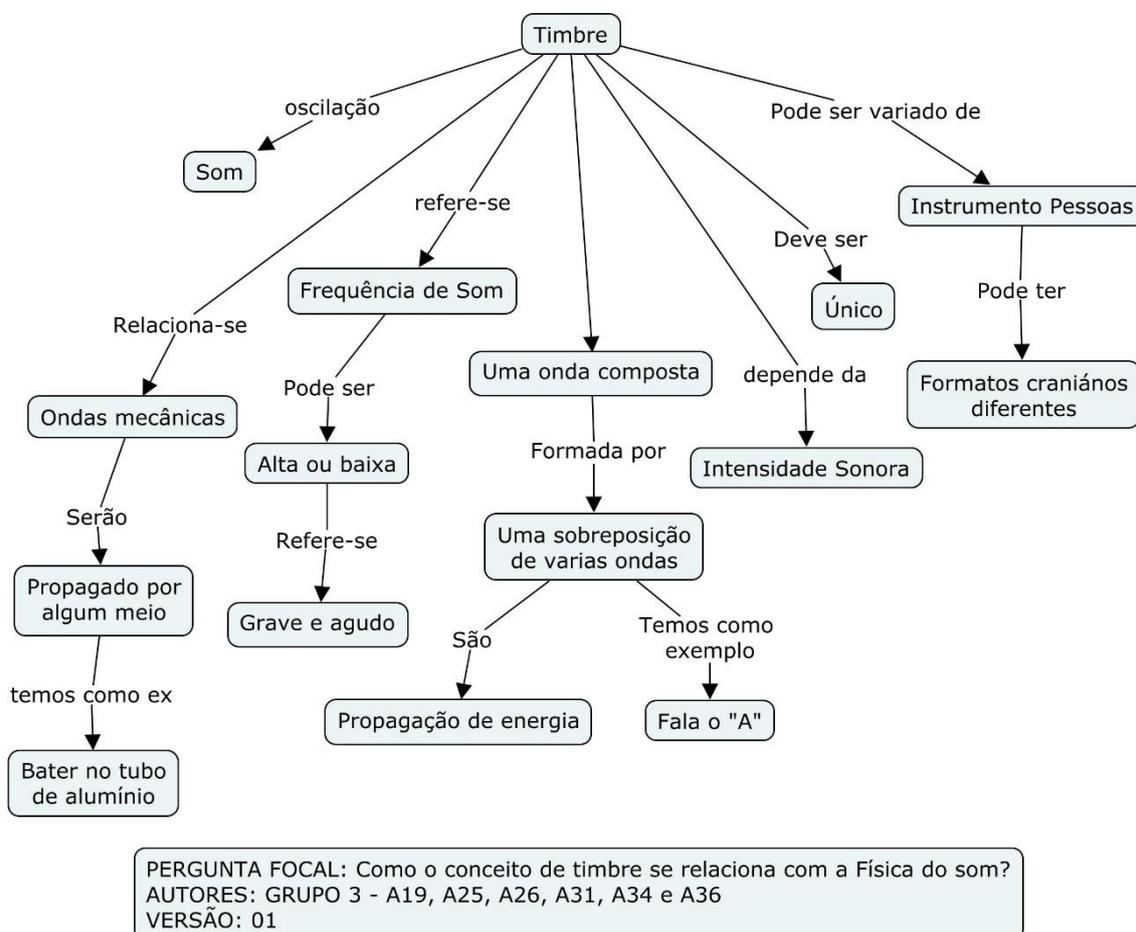
Dos estudantes do Grupo 2 que responderam ao questionário, apenas o aluno A33 respondeu todas as perguntas. Com exceção ao aluno A33, essa falta de capacidade de explicar os conceitos em novas situações é um indício de aprendizagem mecânica, no qual é caracterizada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017). Essa inferência ganha mais força quando olhamos para o tipo de estrutura proporcional apresentada no MC-4, no qual apresenta uma estrutura linear que implica numa aprendizagem superficial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013).

### **4.2.3 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 03**

#### **Análise do mapa conceitual colaborativo 1**

A elaboração do MC-1 ocorreu durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, depois da aplicação da primeira situação-problema, por meio do processo de colaboração seguindo o modelo da construção colaborativa do conhecimento (FISCHER et al., 2002; CRESS; KIMMERLE, 2008; BALLETO, 2020), Figura 40.

**Figura 40:** Versão final do MC-1 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A19, A25, A26, A31, A34 e A36 do Grupo 3.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 1 original (Apêndice G8)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-1 se assemelha mais com a estrutura linear comparada com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), as proposições não apresentam ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica no qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-1 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-1 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 25.

**Quadro 25:** Classificação das proposições do MC-1 do Grupo 3

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Oscilação	Som	LIMITADA
Timbre	Refere-se	Frequência de Som	LIMITADA
Frequência de Som	Pode ser	Alta ou Baixa	LIMITADA
Alta ou Baixa	Refere-se	Grave e Agudo	LIMITADA
Timbre	É formado por	Vibrações	INAPROPRIADA
Vibrações	Relaciona-se	Ondas mecânicas	LIMITADA
Ondas Mecânicas	Serão	Propagado por algum meio	LIMITADA
Propagado por algum meio	Temos como ex	Bater no tubo de alumínio	LIMITADA
Timbre	-	Uma onda composta	LIMITADA
Uma onda composta	Formada por	Uma sobreposição de varias ondas	LIMITADA
Uma sobreposição de varias ondas	São	Propagação de energia	LIMITADA
Timbre	Depende da	Intensidade Sonora	INAPROPRIADA
Timbre	Deve ser	Único	APROPRIADA
Timbre	Pode ser variado de	Instrumento Pessoas	LIMITADA
Instrumento Pessoas	Pode ter	Formatos cranianos diferentes	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

No primeiro mapa conceitual, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 3 é algo que depende da intensidade sonora e que deve ser único, além de estar relacionado com as ondas mecânicas e com a frequência do som. Por meio dessas proposições mais gerais, o Grupo 3 relaciona as próximas proposições de forma linear com uma série de conceitos, entre eles: alta ou baixa, grave e agudo, propagação de energia e formatos cranianos diferentes.

As proposições “*Timbre – Oscilação → Som*”, “*Frequência de Som – Pode ser → Alta ou Baixa*”, “*Ondas Mecânicas – Serão → Propagado por alguma meio*”, “*Propagado por algum meio – Tem como ex → Bater no tubo de alumínio*”, “*Timbre → Uma onda composta*”, “*Uma onda composta – Formada por → Uma sobreposição de varias ondas*”, “*Uma sobreposição de varias ondas – São → Propagação de energia*”, “*Uma sobreposição de varias ondas – Temos como exemplo → Falar o “A”*”, “*Instrumentos Pessoas – Pode ter → Formatos cranianos diferentes*” e “*Timbre – Pode ser variado de → Instrumento Pessoas*” foram classificadas como limitadas, visto que seus termos de ligação não apresentam clareza semântica.

Do mesmo, as proposições “*Timbre – Refere-se → Frequência de Som*”, “*Alta ou Baixa – Refere-se → Grave e Agudo*” e “*Vibração – Relaciona-se → Ondas Mecânicas*” também foram classificadas como limitadas, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente, todavia as proposições formadas simplesmente com os termos de ligação “refere-se” e “relaciona-se”, apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não apresentam qual é a relação entre os conceitos. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

As proposições “*Timbre – É formado por → Vibrações*” e “*Timbre – Depende da → Intensidade Sonora*” foram classificadas como inapropriadas, uma vez que o conteúdo das proposições diverge do conceito científico. O Timbre é a qualidade do som que resulta do fenômeno da superposição de ondas sonoras (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HEWITT, 2015), logo o timbre não é formado por vibrações, como também não depende da intensidade sonora, mas sim do fenômeno da interferência entre duas ou mais ondas sonoras.

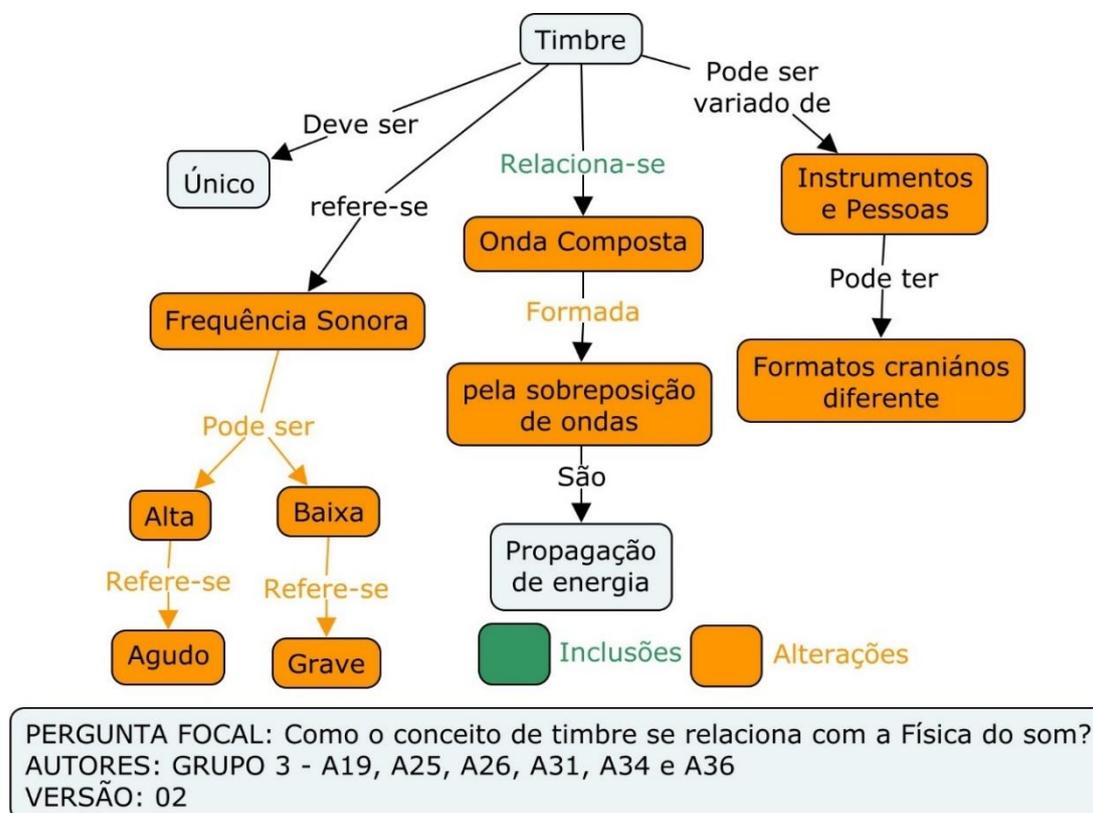
Já a proposição “*Timbre – Deve ser → Único*” foi classificada como apropriada, uma vez que o seu conteúdo converge com o conceito científico. A proposição apresenta uma característica do conceito de timbre que é ser único, contudo, faltou complementar que o timbre é único para cada instrumento musical ou para cada pessoa (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HEWITT, 2015), além disso a proposição mostra uma incerta, afirmando que o “timbre deve ser único” ao invés de dizer que o “timbre é único”.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-1 é possível identificar que o mapa se relaciona basicamente com os conceitos de timbre, intensidade sonora, frequência do som, ondas mecânicas, propagação de energia e os conceitos de alta ou baixa e grave e agudo. É possível inferir que a proposição “*Propagado por algum meio – Tem como ex → Bater no tubo de alumínio*” não é relevante para responder à pergunta focal, pois a proposição tenta dar um exemplo de propagação em um meio material. A proposição “*Instrumentos Pessoas – Pode ter → Formatos cranianos diferentes*” também não é relevante, uma vez que a proposição tenta relacionar os instrumentos e as pessoas com o formato do crânio, de modo que as duas proposições indicam fuga parcial ao tema. Desse modo, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-1 é possível inferir que o mapa não responde à pergunta focal, uma vez que apresenta fuga parcial ao tema e apenas uma proposição classificada como apropriada.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 2**

O MC-2 foi construído após um momento de colaboração entre os grupos, participando também o professor e o pesquisador. Dessa forma, cada grupo pôde apresentar seu mapa conceitual e receber contribuições para a elaboração da versão final do MC-2, Figura 41.

**Figura 41:** Versão final do MC-2 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A19, A25, A26, A31, A34 e A36 do Grupo 3.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 2 original (Apêndice G9)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-2 se assemelha mais com a estrutura linear do que com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), as proposições não apresentam ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-2 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados

progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-2 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 26.

**Quadro 26:** Classificação das proposições do MC-2 do Grupo 3

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Deve ser	Único	APROPRIADA
Timbre	Refere-se	Frequência Sonora	LIMITADA
Frequência Sonora	Pode ser	Alta	APROPRIADA
Alta	Refere-se	Agudo	LIMITADA
Frequência Sonora	Pode ser	Baixa	APROPRIADA
Baixa	Refere-se	Grave	LIMITADA
Timbre	Relaciona-se	Onda composta	LIMITADA
Onda composta	Formada	Pela sobreposição	LIMITADA
Pela sobreposição	São	Propagação de energia	LIMITADA
Timbre	Pode ser variado de	Instrumentos e Pessoas	LIMITADA
Instrumentos e Pessoas	Pode ter	Formatos cranianos diferente	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-2, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 3 se mantém associado à frequência, além de ser algo que deve ser único. Após o processo de colaboração entre grupos, o Grupo 3 deixa de relacionar o timbre como algo que depende da intensidade sonora e que está associado às ondas mecânicas, ao mesmo tempo que passa a relacioná-lo com as ondas compostas, além de apresentar uma de suas características que é a variação do som entre instrumentos diferentes e entre pessoais diferentes.

As proposições “*Ondas composta – Formada → Pela sobreposição*”, “*Pela sobreposição – São → Propagação de energia*”, “*Timbre – Pode ser variado de → Instrumentos e Pessoas*” e “*Instrumentos e Pessoas – Pode ter → Formatos cranianos diferente*” foram classificadas como limitadas, visto que seus termos de ligação apresentam problemas de clareza semântica.

Como também as proposições “*Timbre → Relaciona-se → Onda composta*”, “*Timbre – Refere-se → Frequência Sonora*”, “*Alta – Refere-se → Agudo*” e “*Baixa → Refere-se → Grave*” foram classificadas como limitadas, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente, todavia as proposições formadas simplesmente com os termos de ligação “*relaciona-se*” e “*refere-se*” apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não apresentam qual é a relação entre os conceitos. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

A proposição “*Timbre – Deve ser → Único*”, foi classificada como apropriada porque seu conteúdo converge com o conceito científico, mesmo sendo identificado uma ideia de incerteza dos mapeadores. Também foram classificadas como apropriadas as proposições “*Frequência Sonora – Pode ser → Alta*” e “*Frequência Sonora – Pode ser → Baixa*”. A partir das duas proposições foi possível inferir que os estudantes conseguiram compreender que a frequência pode ser classificada como alta ou baixa. É importante destacar que as proposições apresentam erros pequenos de clareza semântica, pois as palavras “alta” e “baixa” de forma isoladas não possuem nenhum significado físico, o termo correto dos conceitos seriam “Alta frequência” e “Baixa frequência”, por exemplo. Todavia, foi possível inferir que os estudantes conseguiram relacionar que a frequência pode ser classificada como alta ou baixa, contudo os estudantes não explicam que o som de maior frequência é classificado como alto e o som de menor frequência é classificado como baixo (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HEWITT, 2015).

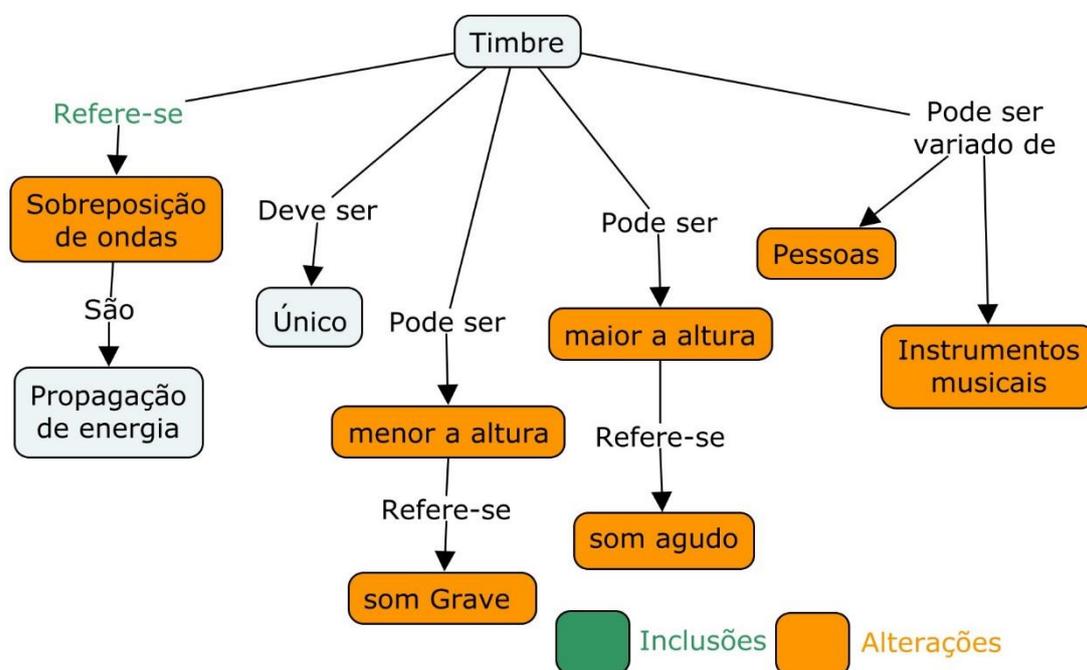
A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-2 é possível identificar uma mudança dos conceitos relacionados pelo mapa, tendo como principais as relações entre os conceitos de timbre, frequência, onda composta e a variação do som entre instrumentos diferentes e pessoas diferentes. Temos que o mapa conceitual apresenta proposições pertinentes à pergunta focal, não sendo possível a identificação de fuga ao tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-2 é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, uma vez que os

estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica, além de não ser identificado proposições que fugissem ao tema.

### Análise do mapa conceitual colaborativo 3

O MC-3, Figura 42, foi construído logo após a aplicação da segunda situação-problema e o processo da reconciliação integradora, no qual foram trabalhadas as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre do som) e os fenômenos da interferência e superposição de ondas sonoras.

**Figura 42:** Versão final do MC-3 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A19, A25, A26, A31, A34 e A36 do Grupo 3.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 3 - A19, A25, A26, A31, A34 e A36  
 VERSÃO: 03

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 3 original (Apêndice G10)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-3 está melhor organizada a partir da mudança de alguns termos de ligação, contudo a estrutura proposicional do mapa continua se assemelhando mais com a estrutura linear do que com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS,

2000), as proposições não apresentam ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-3 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPhs. As proposições do MC-3 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 27.

**Quadro 27:** Classificação das proposições do MC-3 do Grupo 3

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Deve ser	Único	APROPRIADA
Timbre	Refere-se	Sobreposição de Ondas	LIMITADA
Sobreposição de Ondas	São	Propagação de energia	LIMITADA
Timbre	Pode ser	Menor a altura	LIMITADA
Menor a altura	Refere-se	Som grave	APROPRIADA
Timbre	Pode ser	Maior a altura	LIMITADA
Maior a altura	Refere-se	Som agudo	APROPRIADA
Timbre	Pode ser variado de	Instrumentos musicais	APROPRIADA
Timbre	Pode ser variado de	Pessoas	APROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-3, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 3 se mantém associado à característica do timbre de ser algo que deve ser único e de ser variado de instrumentos e pessoas. Após o processo da reconciliação integradora, o Grupo 3 deixa de fazer menção à relação entre o timbre e os conceitos de onda composta e

frequência sonora, ao mesmo tempo que relaciona o timbre com o fenômeno da superposição e com os conceitos referentes à altura do som. Além do mais, temos que o mapa conceitual explica que o fenômeno da superposição são propagações de energia.

As proposições “*Sobreposição de ondas – São → Propagação de energia*”, “*Timbre – Pode ser → Menor a altura*” e “*Timbre – Pode ser → Maior a altura*” foram classificadas como limitadas porque apresentam problemas de clareza semântica.

O conceito de timbre foi relacionado com o fenômeno da superposição, como ilustrado na proposição “*Timbre – Refere-se → Sobreposição de Ondas*”, contudo temos que o Grupo 3 confundiu o nome do fenômeno. A proposição foi classificada como limitada, visto que a proposição formada com simplesmente o termo de ligação “*refere-se*” pode até fazer sentido aparentemente, todavia a proposição apenas apresenta que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não explica que o timbre é o resultado do fenômeno da superposição de ondas. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

Por outro lado, as proposições “*Menor a altura – Refere-se → Som grave*” e “*Maior a altura – Refere-se → Som agudo*” foram classificadas como apropriadas, apesar dos pequenos erros de clareza semântica. É importante destacar que as proposições formadas utilizando apenas o termo de ligação “*refere-se*” foram aceitas nesse caso, uma vez que a expressão pode ser usada como sinônimo do termo de ligação “*indica*”, por exemplo. Logo, as proposições sugerem que os estudantes conseguiram relacionar que a maior altura e a menor altura estão se referindo ao som agudo e grave, respectivamente, contudo as proposições não afirmam que a maior altura indica que a onda sonora possui alta frequência e que a menor altura indica que a onda sonora possui baixa frequência.

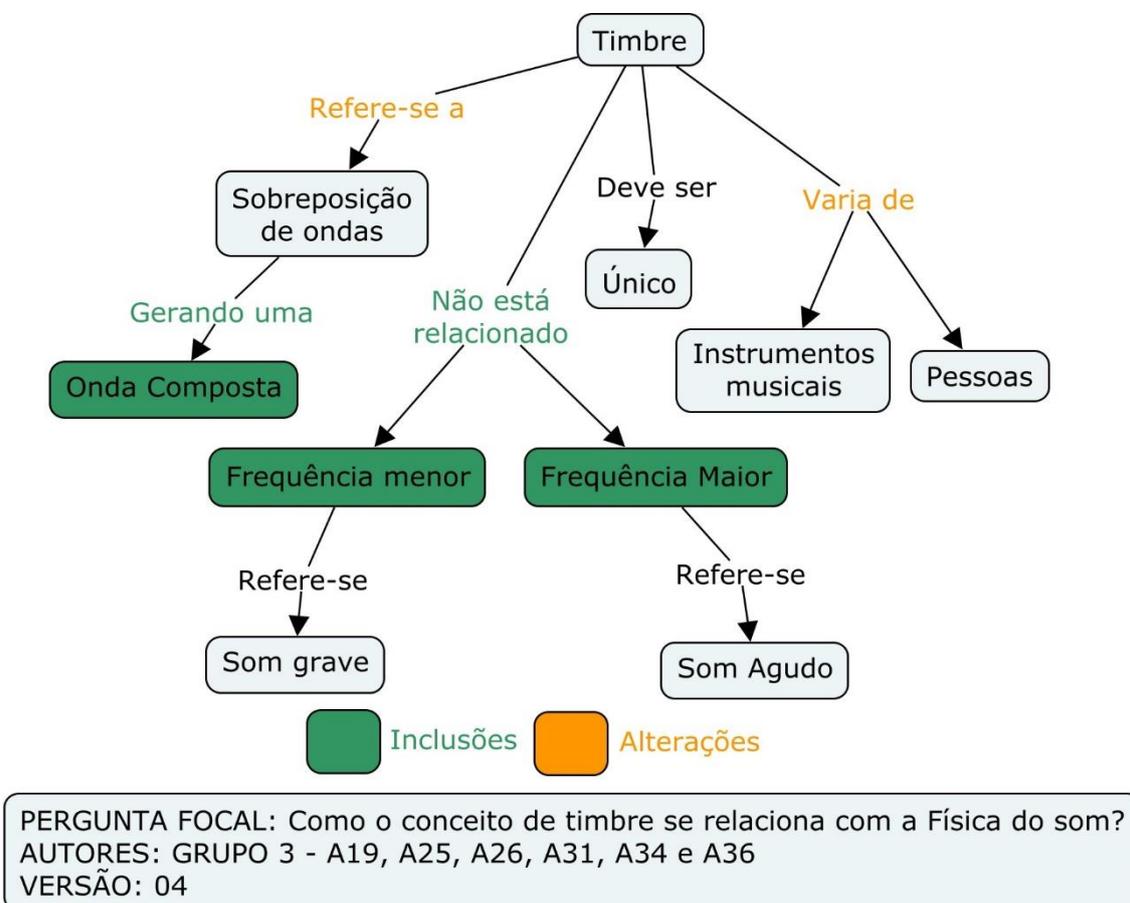
As proposições “*Timbre – Pode ser variado de → Instrumentos musicais*” e “*Timbre – Pode ser variado de → Pessoas*” foram classificadas como apropriadas, visto que elas apresentam uma característica do timbre que é a caracterização particular do instrumento musical ou de uma pessoa, ou seja, cada instrumento musical possui seu timbre característico, como também cada pessoa possui um timbre próprio.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” A partir da análise do MC-3 é possível identificar uma mudança dos conceitos relacionados pelo mapa, tendo como principais as relações entre os conceitos de timbre, maior a altura, menor a altura, sobreposição e a variação do som entre instrumentos e pessoas diferentes. A partir da análise do MC-3 é possível identificar algumas regressões, as quais saíram do mapa dois conceitos pertinentes ao conceito de timbre “*frequência sonora*” e “*onda composta*”. Temos que o mapa conceitual apresenta proposições pertinentes à pergunta focal, não sendo possível a identificação de fuga ao tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-3 é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, uma vez que os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica, além de não ser identificado proposições que fugissem ao tema.

#### **Análise do mapa conceitual colaborativo 4**

O MC-4 foi construído durante a etapa do processo da reconciliação integradora, após o momento de colaboração entre os grupos, Figura 43.

**Figura 43:** Versão final do MC-4 reconstruído utilizando o software Cmap Tools com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A19, A25, A26, A31, A34 e A36 do Grupo 3.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 4 original (Apêndice G11)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-4 se assemelha mais com a estrutura linear comparada com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), as proposições não apresentam ligações cruzadas entre proposições. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-4 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-4 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 28.

**Quadro 28:** Classificação das proposições do MC-4 do Grupo 3

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Deve ser	Único	APROPRIADA
Timbre	Refere-se a	Sobreposição de Ondas	LIMITADA
Sobreposição de Ondas	Gerando uma	Onda composta	APROPRIADA
Timbre	Não está relacionada	Frequência maior	LIMITADA
Timbre	Não está relacionada	Frequência menor	LIMITADA
Frequência maior	Refere-se a	Som Agudo	APROPRIADA
Frequência menor	Refere-se a	Som Grave	APROPRIADA
Timbre	Varia de	Instrumentos musicais	APROPRIADA
Timbre	Varia de	Pessoas	APROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-4 possibilitou inferir que o Grupo 3 permaneceu relacionando o conceito de timbre com a sobreposição de ondas e com a sua característica de variar dependendo do instrumento ou da pessoa, além de ser algo que deve ser único. Após o momento de colaboração entre grupos, durante a etapa da reconciliação integradora, o Grupo 3 deixa de fazer menção à relação entre o conceito de timbre e os conceitos de menor e maior altura, ao mesmo tempo que passa a relacionar o timbre como um fenômeno que não está relacionado com a frequência.

As proposições “*Timbre – Não está relacionada → Frequência maior*”, “*Timbre – Não está relacionada → Frequência menor*” e “*Timbre – Refere-se → Sobreposição*”

*de Ondas*” foram classificadas como limitadas porque apresentam problemas de clareza semântica. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

A proposição “*Timbre – Deve ser → Único*” se manteve inalterada, sendo classificada como apropriada. Além disso, as proposições “*Timbre – Varia de → Instrumentos musicais*” e “*Timbre – Varia de → Pessoas*” também continuaram classificadas como apropriadas, mas tiveram uma pequena mudança no termo de ligação aumentando sua clareza semântica.

O conceito de “*superposição*” foi relacionado com o conceito de “onda composta”, como ilustrado na proposição “*Sobreposição de Ondas – Gerando uma → Onda composta*”, contudo temos que os estudantes ainda permaneceram com o nome incorreto do fenômeno. Mesmo assim, a proposição foi classificada como apropriada, uma vez que o seu conteúdo converge com o conceito científico, visto que a onda composta é o resultado do fenômeno da superposição (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HEWITT, 2015).

Foram adicionadas as proposições “*Frequência maior – Refere-se a → Som Agudo*” e “*Frequência menor – Refere-se a → Som Grave*” no MC-4. Essas proposições foram classificadas como apropriadas porque convergem com o conceito científico. Destaca-se que as proposições formadas utilizando os termos de ligação “*refere-se*” são aceitas nesse caso, uma vez que a expressão pode ser usada como sinônimo do termo de ligação “*indicam*”, por exemplo, visto que de fato é a maior frequência e a menor frequência da onda que indica se o som é agudo ou grave, respectivamente. É importante destacar que essas duas proposições significam um avanço dos estudantes, visto que até a produção do MC-3, os estudantes ainda não tinham apresentado no mapa conceitual colaborativo uma proposição que relacionasse as ondas sonoras de maior frequência com o som agudo e as ondas sonoras de menor frequência com o som grave.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” A partir da análise do MC-4 é

possível identificar que o mapa se relaciona basicamente com os conceitos de timbre, superposição de ondas e frequência. O mapa apresentou algumas mudanças importantes, comparadas com a sua versão anterior, ao voltar a relacionar o fenômeno da superposição com a geração de ondas compostas e apresentar a frequência como a característica que define se o som é grave ou agudo. Temos que o MC-4 apresenta proposições pertinentes à pergunta focal, não sendo possível a identificação de fuga ao tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-4 é possível inferir que o mapa responde à pergunta focal, uma vez que os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica, além de não ser identificado proposições que fugissem ao tema.

A análise de todos os mapas conceituais colaborativos elaborados pelo grupo 3, permitiu observar uma mudança mais intensa do pensamento dos estudantes durante a elaboração dos dois primeiros mapas conceituais, tendo o MC-3 e o MC-4 mudanças mais focadas nos termos de ligação. Do mesmo modo, a partir da análise dos mapas foi possível observar que o conceito de “sobreposição” estava presente desde o MC-1, contudo os estudantes ao longo do processo não conseguiram corrigir o nome do fenômeno físico para superposição de ondas. Além disso, foi possível identificar que alguns conceitos como “*frequência*” e “*onda composta*”, foram retirados e adicionados novamente durante as modificações dos MCs. Esse movimento de adição e retirada dos mesmos conceitos podem ser justificadas, visto que a estrutura dos mapas conceituais elaborados pelo grupo 3 apresenta uma estrutura linear, implicando numa aprendizagem mais superficial, ou seja, uma aprendizagem mecânica, na qual predomina a memorização dos conceitos de forma arbitrária.

Além disso, temos que os estudantes conseguiram apresentar algumas características do timbre do som, como o fato de ser uma característica única para cada instrumento musical ou pessoa, como também a relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição, contudo o MC-4 não expressa que o timbre é a característica resultante da superposição, bem como não apresenta o fato de que o timbre permite distinguir a mesma nota tocada por instrumentos diferentes, ou seja, é a qualidade que permite distinguir sons de mesma altura e intensidade. Por fim, podemos inferir que foi possível identificar o processo da diferenciação progressiva em todos os mapas conceituais produzidos pelo grupo 3, contudo também podemos afirmar que não foi possível observar o processo da reconciliação integrativa.

### Análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do questionário aberto - Grupo 3

O QA foi aplicado durante a oitava etapa da aplicação da UEPS para avaliação somativa individual. No Quadro 29, trazemos as categorias e subcategorias que emergiram a partir da análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do QA, abordando os conceitos de superposição, timbre, altura e intensidade do som.

**Quadro 29:** Categorias e subcategorias emergidas da análise das respostas do QA, referentes às perguntas de 1 a 4, respondidas pelos alunos A19, A26, A31, A34 e A36 do Grupo 3.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO	COD.
Definição do conceito de timbre (DT)	Timbre é caracterizado pela composição de frequência (Tcf)	“O timbre é caracterizado pela <b>composição de frequência</b> que constituem a onda sonora emitidas pelo som”	[RESP1/A31–G3] – DT – Tcf
	Timbre está associado a forma da onda que diferencia sons de mesma frequência (Tdsf)	“O timbre está associado à <b>forma da onda e nos permite distinguir sons da mesma frequência</b> ”	[RESP1/A19 – G3] – DT – Tdsf
Relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição (RTS)	Timbre é a superposição de ondas (Tso)	“ <b>timbre é a superposição de ondas sonoras</b> , que por sua vez é um conjunto de notas de um determinado instrumento”	[RESP1/A34 – G3] – RTS – Tso
	Timbre decorre da superposição de ondas (Tso)	“O timbre [...] é decorrido de uma <b>superposição</b> de duas ondas gerando uma onda composta ou (resultante) que dará origem ao timbre [...]”	[RESP1/A36 – G3] – RTS – Tfo
Diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes (DNI)	Diferença de timbre vem dos formatos diferentes (Dtfd)	“a <b>diferença do timbre de diversos sons vem do fato que as ondas possuem formatos diferentes</b> ”	[RESP2/A31/19 – G3] – DNI – Dtfd
Diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora (DTI)	Intensidade refere-se à potência e quantidade de energia (Irpq)	“ <b>intensidade sonora refere-se a potência da fonte emissora, bem como a quantidade de energia</b> ”	[RESP3/A31 – G3] – DTI – Irpq
		“ <b>intensidade sonora refere-se à potencia da fonte emissora, bem como a quantidade de energia</b> que o som é capaz de transportar. Já o <b>timbre é caracterizada pela composição de frequências</b> que constituem a onda sonora emitida pelo instrumento.”	[RESP3/A19 – G3] – DTI – Irpq

	Timbre está ligado a forma do som e intensidade a amplitude da onda (Tfia)	“O <b>timbre é ligado a forma do som</b> [...] e <b>intensidade sonora refere-se a amplitude</b> da onda sonora”	[RESP3/A26 – G3] –DTI – Tfia
Diferença entre os conceitos de timbre e altura do som (DTA)	Altura permite diferenciar sons graves de agudos (Adga)	“[...] <b>altura do som vai dizer se ele é grave ou agudo</b> , liga-se com frequência”	[RESP4/A36 – G3] –DTA– Adga
		“[...] <b>altura do som</b> [...] <b>permite diferenciar os sons agudo e graves</b> ”	[RESP4/A26 – G3] –DTA– Adga

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

As respostas dos estudantes agrupadas na categoria “definição do conceito de timbre”, referentes à primeira pergunta do questionário, nos levam a identificar algumas concepções diferentes das apresentadas no MC-4, relacionadas com a definição do conceito de timbre. O aluno A31 responde, de forma incoerente, que o timbre é caracterizado por uma composição de frequência ([RESP1/A31 – G3] – DT – Tcf). Essa compreensão vai de encontro com o MC-4, que afirma que o timbre não está relacionado com a frequência. Já para o aluno A19, o timbre está associado à forma da onda que nos permite distinguir sons de mesma frequência ([RESP1/A19 – G3] – DT – Tdsf). É possível inferir que o aluno A19 não relaciona que essa forma da onda é o timbre. Do mesmo modo, o estudante não conseguiu relacionar que o timbre além de distinguir sons de mesma frequência, também distingue sons de mesma frequência e intensidade.

A categoria “relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição” engloba duas subcategorias. A primeira subcategoria é proveniente da resposta do aluno A34, no qual afirma que o “**timbre é a superposição de ondas sonoras**, que por sua vez é um conjunto de notas de um determinado instrumento” ([RESP1/A34 – G3] – RTS - Tso). É possível inferir que o aluno A34 apresenta uma mudança na compreensão do conceito de timbre, uma vez que o MC-4 apenas relaciona os conceitos e não descreve qual a relação entre eles. Contudo, o timbre não é a superposição, mas sim, a característica resultante desse fenômeno. Por sua vez, o fenômeno da superposição não é um conjunto de ondas, mas sim, é o processo de interferência de duas ou mais ondas que se superpõem resultando em uma onda resultante. O aluno A34 responde corretamente, afirmando que “**O timbre [...] é decorrido de uma superposição** de duas ondas gerando uma onda composta ou (resultante) que dará origem ao timbre [...]” ([RESP1/A36 – G3] – RTS - Tfo). É possível inferir que houve uma mudança da compreensão do aluno A36, de forma positiva, visto que o MC-4 não apresenta a relação entre os conceitos de timbre e o fenômeno da superposição.

Os alunos A19 e A31 responderam da mesma forma a segunda pergunta do questionário, sendo agrupadas na mesma subcategoria, como ilustrado no trecho “**a diferença do timbre de diversos sons vem do fato que as ondas possuem formatos diferentes**” ([RESP2/A19/A31 – G3] – DNI – Dtfid). É possível inferir que os estudantes apresentaram uma mudança de compreensão, de forma positiva, uma vez que o MC-4 não apresenta que instrumentos diferentes possuem timbres distintos.

Três respostas foram agrupadas na categoria “diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora”. As respostas dos alunos A31 e A19 foram classificadas na mesma subcategoria. Para o aluno A31, a intensidade sonora refere-se à potência da fonte emissora, bem como a quantidade de energia ([RESP3/A31 – G3] – DTI – Irpq). Já o aluno A19 além de afirmar que a intensidade do som está relacionada à potência e a quantidade de energia, justifica também que o timbre é caracterizado pela composição de frequência ([RESP3/A19 – G3] – DTI – Irpq). É possível inferir que os dois estudantes compreenderam, de forma apropriada, que a intensidade sonora está relacionada com a quantidade de energia transportada. Contudo, o aluno 19 comete um equívoco ao afirmar que o timbre é uma composição de frequência. Para o aluno A26, “**O timbre é ligado a forma do som [...] e intensidade sonora refere-se a amplitude da onda sonora**” ([RESP3/A26 – G3] – DTI – Tfia). É possível inferir que o aluno A26 compreendeu corretamente que a intensidade está relacionada à amplitude da onda. Contudo, o estudante não foi capaz de relacionar que essas “diferentes formas de onda” são resultado do fenômeno da superposição, no qual chamamos de timbre.

A categoria “diferença entre os conceitos de timbre e altura do som” agrupa duas respostas. De acordo com os alunos A36 e A26, a altura do som permite diferenciar sons graves e agudos, como ilustrado no trecho “[...] **altura do som [...] permite diferenciar os sons agudo e graves**” ([RESP4/A26 – G3] – DTA – Adga). É possível inferir que tanto o aluno A36 quanto o aluno A26, compreenderam que a altura é a qualidade do som que permite diferenciar sons graves e agudos, contudo os dois estudantes não relacionam que a menor frequência caracteriza o som grave e a maior frequência caracteriza o som agudo. Essas respostas dos estudantes vão de encontro com o MC-4, uma vez que o mapa apresenta corretamente as relações entre a frequência e os sons graves e agudos.

Mesmo tendo cinco membros respondendo às perguntas, foi possível agrupar duas ou três respostas em cada subcategoria. Também foi possível perceber que houve muitas

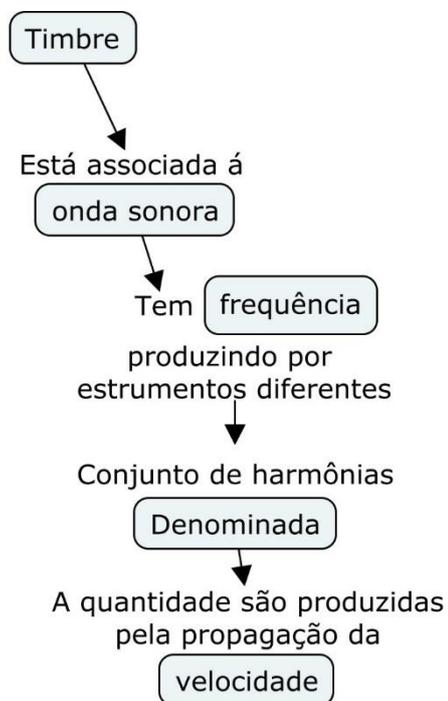
contradições de respostas entre o QA e as proposições presentes no MC-4. A falta da capacidade de explicar os conceitos em novas situações e as contradições entre as repostas individuais e as informações presentes no MC-4, são indícios de aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017). Essa inferência ganha mais força quando olhamos para o tipo de estrutura proporcional apresentada no MC-4, a qual apresenta uma estrutura linear que implica numa aprendizagem superficial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013).

#### **4.2.4 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 04**

##### **Análise do mapa conceitual colaborativo 1**

A elaboração do MC-1 ocorreu durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, depois da aplicação da primeira situação-problema, por meio do processo de colaboração seguindo o modelo da construção colaborativa do conhecimento (FISCHER et al., 2002; CRESS; KIMMERLE, 2008; BALLETO, 2020), Figura 44.

**Figura 44:** Versão final do MC-1 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A7, A22, A32 e A35 do Grupo 4.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 4 - A7, A22, A32 e A35  
 VERSÃO: 01

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 1 original (Apêndice G12)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que o Grupo 4 apresentou uma maior dificuldade em construir o MC-1, a partir dos modelos apresentados na aula de ambientação. A estrutura proposicional do MC-1 se assemelha com a estrutura linear, uma vez que as proposições construídas possuem essa característica, marcadas pelo encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-1 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-1 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 30.

**Quadro 30:** Classificação das proposições do MC-1 do Grupo 4

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Está associada á	Onda sonora	LIMITADA
Onda sonora	Tem	Frequência	LIMITADA
Frequência	Produzido por instrumentos diferentes	-	LIMITADA
-	Conjunto de harmônicos	Denominada	LIMITADA
Denominada	A quantidade são produzidas pela propagação da	Velocidade	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-1, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 4 é algo que está associado à onda sonora. A partir dessa proposição mais geral, o Grupo 4 relaciona as próximas proposições de forma linear com os conceitos referentes a frequência e velocidade.

A partir da análise do MC-1 temos que todas as proposições do mapa conceitual foram classificadas como limitadas, uma vez que todas as proposições não apresentam clareza semântica. Essas proposições não permitem ser analisadas, uma vez que a falta de clareza semântica impede que o leitor compreenda o significado real transmitido pelo mapeador. Destaca-se que a proposição “*Timbre – Está associada á → Onda sonora*” também foi classificada como limitada, mesmo que faça sentido aparentemente, pois o termo de ligação “*está associado á*” apenas apresenta que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não apresenta qual é a relação entre os conceitos. Essa limitação é

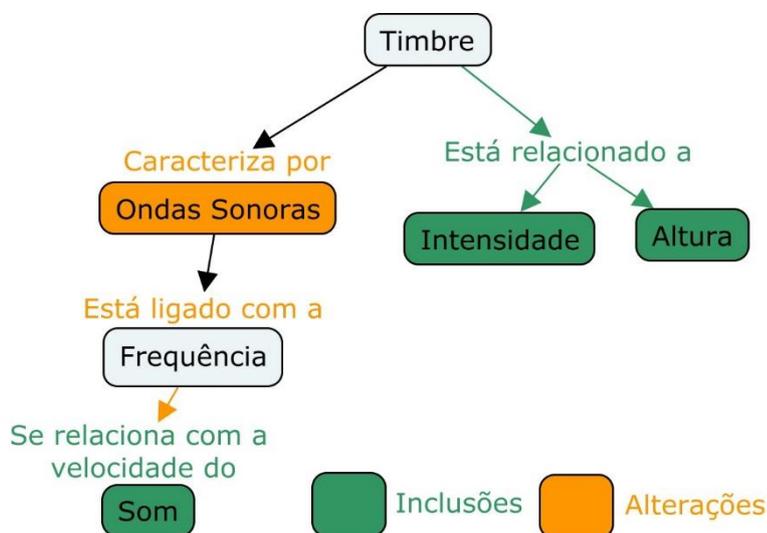
comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020).

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 1 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-1 é possível identificar que o mapa se relaciona basicamente com os conceitos de timbre, onda sonora, frequência e velocidade. É possível inferir que a proposição que está relacionada ao conceito de velocidade não é tão relevante para responder à pergunta focal, implicando na fuga parcial do tema, além disso temos que nenhuma proposição do MC-1 foi classificada como apropriada. Desse modo, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-1 é possível inferir que o mapa não responde à pergunta focal, uma vez que apresenta fuga parcial do tema e nenhuma proposição classificada como apropriada.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 2**

O MC-2 foi construído após um momento de colaboração entre os grupos, participando também o professor e o pesquisador. Dessa forma, cada grupo pôde apresentar e receber contribuições para a elaboração da versão final do MC-2, Figura 45.

**Figura 45:** Versão final do MC-2 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A7, A22, A32 e A35 do Grupo 4.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 4 - A7, A22, A32 e A35  
 VERSÃO: 02

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 2 original (Apêndice G13)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-2 está melhor organizada a partir da mudança de alguns termos de ligação, contudo a estrutura proposicional do mapa continua se assemelhando mais com a estrutura linear comparada com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), as proposições não apresentam ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica no qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-2 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível

identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-2 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 31.

**Quadro 31:** Classificação das proposições do MC-2 do Grupo 4

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Caracteriza por	Onda sonora	LIMITADA
Ondas sonora	Está ligado com a	Frequência	LIMITADA
Frequência	Se relaciona com a velocidade do	Som	LIMITADA
Timbre	Está relacionado a	Intensidade	LIMITADA
Timbre	Está relacionado a	Altura	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após o processo de colaboração entre grupos, durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, o Grupo 3 deixa de relacionar simplesmente o timbre como algo que está ligado com a onda sonora, ao mesmo tempo que passa a relacioná-lo como algo que caracteriza, ou que é caracterizado pela onda sonora. Da mesma forma, o MC-2 também passa a relacionar o conceito de timbre com os conceitos de intensidade e altura, simultaneamente que deixa de mencionar o conceito de velocidade no MC-2.

As proposições “*Ondas sonora – Está ligado com a → Frequência*”, “*Frequência – Se relaciona com a velocidade do → Som*”, “*Timbre – Está relacionado a → Intensidade*” e “*Timbre – Está relacionado a → Altura*” continuaram sendo classificadas como limitadas, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente e mesmo que algumas associações estejam corretas de acordo com o conceito científico, como ilustrado na proposição “*Frequência – Se relaciona com a velocidade do → Som*”, todavia as proposições formadas apenas com os termos de ligação “*se relaciona com a*”, “*está relacionado a*” e “*está ligado com a*” apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não apresentam qual é a relação entre os conceitos. Já a proposição “*Timbre – Caracteriza por – Ondas sonora*” também foi classificada como limitada, por não apresentar verbo no termo de

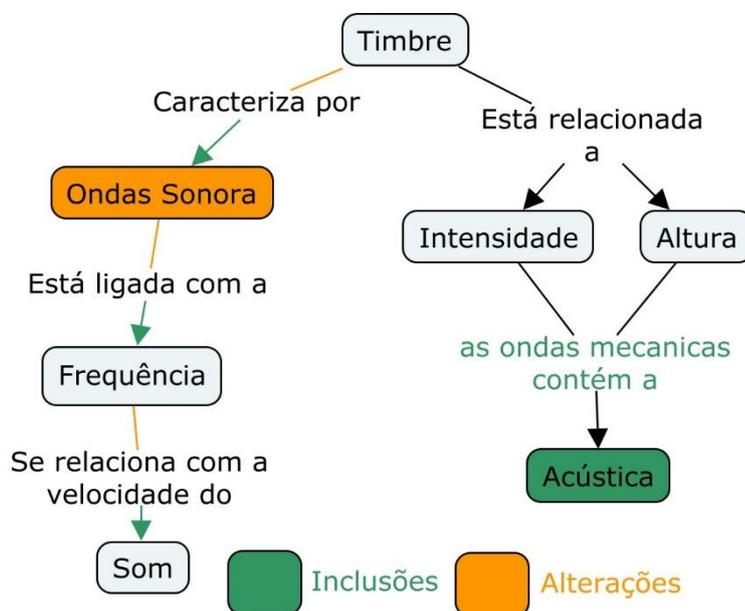
ligação, impedindo saber se o Grupo 4 teve a intenção de dizer que o timbre é caracterizado pela onda sonora ou se o timbre caracteriza a onda sonora. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020).

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 2 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-2 é possível identificar uma mudança dos conceitos relacionados pelo mapa, tendo como principais as relações entre os conceitos de timbre, onda sonora, frequência, intensidade e altura. Temos que o mapa conceitual apresenta conceitos pertinentes à pergunta focal, não sendo possível a identificação de fuga do tema, contudo também nenhuma proposição foi classificada como apropriada. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-2 é possível inferir que o mapa não responde à pergunta focal, uma vez que nenhuma proposição foi classificada como apropriada.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 3**

O MC-3, Figura 46, foi construído logo após a aplicação da segunda situação-problema e o processo da reconciliação integradora, no qual foram trabalhadas as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre do som) e os fenômenos da interferência e superposição de ondas sonoras.

**Figura 46:** Versão final do MC-3 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A7, A22, A32 e A35 do Grupo 4.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 4 - A7, A22, A32 e A35  
 VERSÃO: 03

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 3 original (Apêndice G14)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-3 está melhor organizada a partir da mudança de alguns termos de ligação, contudo a estrutura proposicional do mapa continua se assemelhando mais com a estrutura linear comparada com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), as proposições não apresentam ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica no qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-3 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados

progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-3 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 32.

**Quadro 32:** Classificação das proposições do MC-3 do Grupo 4

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Caracteriza por	Ondas sonora	LIMITADA
Ondas sonora	Está ligado com a	Frequência	LIMITADA
Frequência	Se relaciona com a velocidade do	Som	LIMITADA
Timbre	Está relacionado a	Intensidade	LIMITADA
Timbre	Está relacionado a	Altura	LIMITADA
Intensidade	as ondas mecânicas contém a	Acústica	LIMITADA
Altura	as ondas mecânicas contém a	Acústica	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-3 possibilitou inferir que o Grupo 3 manteve todas as proposições do mapa conceitual anterior. Após o momento de colaboração entre grupos, durante a etapa da reconciliação integradora, o Grupo 3 adiciona uma nova proposição que está relacionada com os conceitos de intensidade e altura.

As novas proposições “*Intensidade – as ondas mecânicas → Acústica*” e “*Altura – as ondas mecânicas → Acústica*” também foram classificadas como limitadas, uma vez que não apresentam clareza semântica. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020).

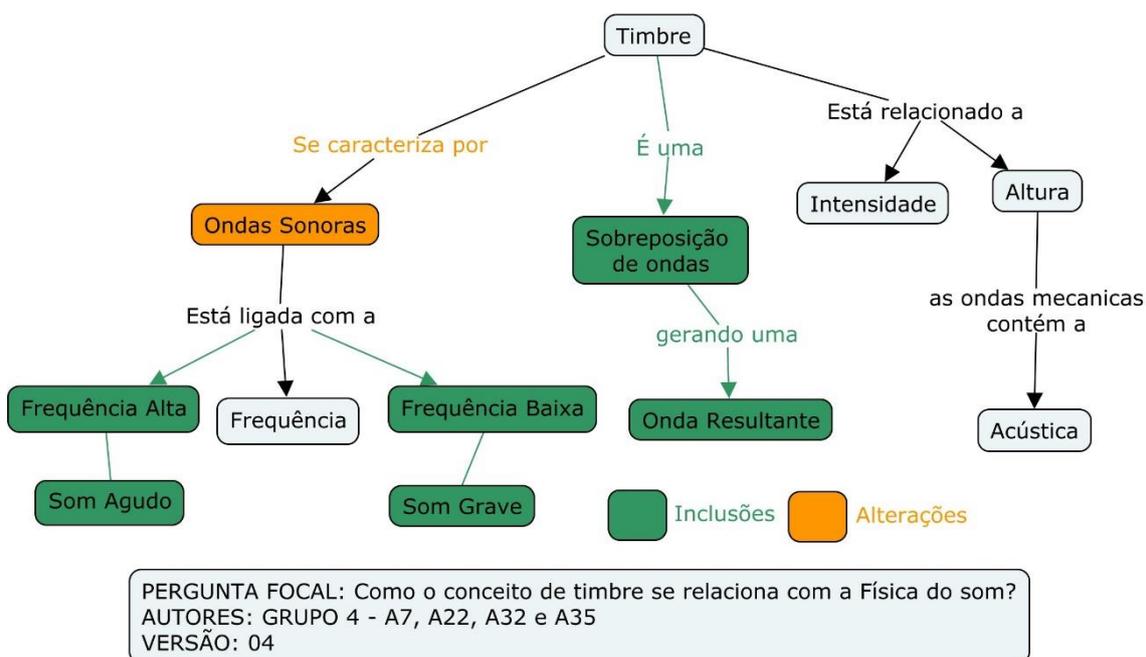
A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 3 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-3 é possível identificar algumas mudanças nas setas e a inclusão de uma nova proposição, tendo como principal as relações entre os conceitos de timbre, onda sonora, frequência,

som, intensidade, altura e acústica. Temos que o mapa conceitual, mais uma vez, apresenta até conceitos pertinentes à pergunta focal, não sendo possível a identificação de fuga do tema, contudo nenhuma proposição foi classificada como apropriada. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições é possível inferir que o MC-3 também não responde à pergunta focal, uma vez que nenhuma proposição foi classificada como apropriada.

#### Análise do mapa conceitual colaborativo 4

A elaboração do MC-4 ocorreu durante a etapa do processo da reconciliação integradora, após o momento de colaboração entre os grupos, Figura 47.

**Figura 47:** Versão final do MC-4 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A7, A22, A32 e A35 do Grupo 4.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 4 original (Apêndice G15)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-4 está melhor organizada a partir da mudança de alguns termos de ligação, contudo a estrutura proposicional do mapa continua se assemelhando mais com a estrutura linear comparada com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY;

ADAMS, 2000), as proposições não apresentam ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-4 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPhs. As proposições do MC-4 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 33.

**Quadro 33:** Classificação das proposições do MC-4 do Grupo 4

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Caracteriza por	Ondas sonora	LIMITADA
Ondas sonora	Está ligado com a	Frequência	LIMITADA
Ondas sonoras	Está ligada com a	Frequência Alta	LIMITADA
Frequência Alta	-	Som Agudo	LIMITADA
Ondas sonoras	Está ligada com a	Frequência Baixa	LIMITADA
Frequência Alta	-	Som Baixa	LIMITADA
Timbre	É uma	Sobreposição de Ondas	INAPROPRIADO
Sobreposição de Ondas	Gerando uma	Onda Resultante	APROPRIADA
Timbre	Está relacionado a	Intensidade	LIMITADA
Timbre	Está relacionado a	Altura	LIMITADA
Altura	as ondas mecânicas contém a	Acústica	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-4, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 4 continua associado como algo que se caracteriza por ondas sonoras e que está relacionado com os conceitos de intensidade e altura. Após o momento de colaboração entre os

grupos, realizado durante a etapa da reconciliação integradora, o Grupo 4 deixa de fazer menção a relação entre os conceitos de timbre e ondas sonoras, como também entre os conceitos de timbre e intensidade, além da relação entre os conceitos de timbre e acústica. Simultaneamente, o Grupo 4 passa a relacionar o timbre como o fenômeno da sobreposição (superposição), além de se relacionar com os conceitos de ondas resultantes, frequência alta, frequência baixa, som agudo e som grave.

As novas proposições “*Ondas sonoras – Está ligada com a → Frequência Alta*” e “*Ondas sonoras – Está ligada com a → Frequência Baixa*” foram classificadas como limitadas, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente, todavia as proposições formadas apenas com o termo de ligação “*está ligado com a*” apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não apresenta qual é a relação entre os conceitos. Já as proposições “*Frequência Alta → Som Agudo*” e “*Frequência Baixa → Som Grave*” também foram classificadas como limitadas porque não apresentam termos de ligação. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as duas proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que o conteúdo semântico das proposições permite ser compreendido.

O conceito de superposição foi adicionado durante a elaboração do MC-4, contudo temos que os estudantes confundiram o nome do conceito com “*sobreposição*”. A proposição “*Timbre – é uma → Sobreposição de Ondas*” foi classificada como inapropriada, uma vez que timbre não é uma superposição, mas sim é uma característica que resulta desse fenômeno. Já a proposição “*Sobreposição de Ondas – Gerando uma → Onda Resultante*” foi classificada como apropriada, mesmo apresentando um pequeno erro de clareza semântica, uma vez que seu conteúdo converge com o conceito científico, visto que o fenômeno da superposição de ondas gera uma onda resultante (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016; HEWITT, 2015).

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som? A partir da análise do MC-4 é possível identificar que o mapa se relaciona basicamente com os conceitos de timbre, sobreposição, ondas sonoras, intensidade, altura e frequência. Temos que o MC-4

apresenta proposições pertinentes à pergunta focal, logo, não foi possível identificar conceitos que fugissem do tema. Portanto, a partir da análise do conjunto das proposições do MC-4 é possível inferir que o mapa não responde à pergunta focal, uma vez que os estudantes conseguiram fazer apenas uma relação apropriada entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica, além de não ser identificadas proposições que fugissem do tema.

A análise dos mapas conceituais colaborativos construídos pelo grupo 4, permitiu observar que os estudantes repetiram as mesmas proposições do MC-1, tanto no MC-2 quanto no MC-3. Só foi possível identificar algumas mudanças após a elaboração do MC-4 que pode estar associada ao momento de colaboração entre os grupos. Mesmo assim, das seis novas proposições identificadas no MC-4 apenas uma foi classificada como apropriada, uma vez que relaciona de forma coerente os conceitos de “sobreposição” e “onda composta”, mesmo o grupo errando o nome do fenômeno descrito. A falta de mudanças durante a elaboração dos mapas conceituais colaborativos, pode ser justificada pelo tipo de aprendizagem representada na estrutura proposicional dos mapas conceituais, uma vez que os mapas apresentam uma estrutura linear, implicando numa aprendizagem mais superficial, ou seja, mecânica, na qual predomina a memorização dos conceitos de forma arbitrária.

#### **Análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do questionário aberto - Grupo 4**

O QA foi aplicado durante a oitava etapa da aplicação da UEPS para avaliação somativa individual. No Quadro 34, trazemos as categorias e subcategorias que emergiram a partir da análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do QA, abordando os conceitos de superposição, timbre, altura e intensidade do som.

**Quadro 34:** Categorias e subcategorias emergidas da análise das respostas do QA, referentes às perguntas 1 a 4, respondidas pelos alunos A7, A22, A32 e A35 do Grupo 4.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO	COD.
Definição do conceito de timbre (DT)	Timbre está associado a forma da onda que diferencia sons de mesma frequência (Tdsf)	“O timbre está associado á forma da onda e nos permite distinguir sons de mesma frequência, produzido por instrumento diferentes. [...] O timbre é também denominado qualidade do som.”	[RESP1/A7 – G4] – DT – Tdsf

		“O timbre ele está associado a forma de ondas que também nos permite diferenciar o som, que seja mesmo frequência”	[RESP1/A32 – G4] – DT – Tdsf
		“O timbre está associado à forma da onda e nos permite distinguir sons da mesma frequência”	[RESP1/A35 – G4] – DT – Tdsf
Relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição (RTS)	-	-	-
Diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes (DNI)	A mesma nota tocada por instrumentos diferentes possuem sons diferentes por causa do timbre (Ndt)	“A diferença no timbre de diversos sons vem do fato de que as ondas sonoras possuem formatos diferentes”	[RESP2/A35/A7 – G4] – DNI - Ndt
	A mesma nota tocada por instrumentos diferentes possuem sons diferentes por causa da amplitude e a duração (Nda)	“São as amplitudes e a duração de cada um”	[RESP2/32 – G4] – DNI – Nda
Diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora (DTI)	Intensidade refere-se à quantidade de energia enquanto o timbre refere-se ao formato das oscilações sonoras (Iqtf)	“A intensidade sonora refere-se a potência da fonte emissora, bem como a quantidade de energia que o som é capaz de transportar; o timbre diz respeito ao formato das oscilações sonoras [...]”	[RESP3/A7 – G4] – DTI – Iqtf
	Intensidade relaciona-se com a potência e o timbre ao formato da onda (Iptf)	“A intensidade relaciona-se potência [...] e o timbre ao formato da onda sonora [...]”	[RESP3/A35 – G4] – DTI – Iptf
Diferença entre os conceitos de timbre e altura do som (DTA)	Altura é formada pelo timbre (Aft)	“[...] altura é formado pelo timbre [...]”	[RESP4/A22 – G4] – DTA – Aft
	Timbre refere-se ao formato das oscilações enquanto altura é determinada pela frequência (Toaf)	“[...] o timbre diz respeito ao formato das oscilações sonoras e a altura [...] é determinado pela frequência do som”	[RESP4/A7 – G4] – DTA – Toaf
	Altura e timbre referem-se a potencia da fonte emissora (Atpf)	“a altura e a [...] intensidade do timbre refere-se a potencia da fonte emissora”	[RESP4/A32 – G4] – DTA – Atpf

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A categoria “definição do conceito de timbre” apresenta três respostas que foram agrupadas na mesma subcategoria. Os alunos A7, A32 e A35 afirmaram que o timbre está associado à forma da onda e que é capaz de diferenciar por sons de mesma frequência. Além disso, o aluno A7 ainda complementa, afirmando corretamente que o timbre é uma qualidade do som. É possível inferir que os estudantes ao final da pesquisa conseguiram associar que esse “formato diferente da onda” é a característica que chamamos de timbre. Logo, é possível afirmar que houve uma mudança conceitual positiva, uma vez que essa relação não é apresentada no MC-4. Entretanto, os alunos afirmaram de forma

inapropriada que o timbre diferencia sons de mesma frequência, visto que o timbre diferencia sons de mesma frequência e intensidade. Por fim, temos que apenas o aluno A7 apresenta o timbre como uma qualidade do som, logo, é possível afirmar também que houve uma mudança positiva porque essa relação também não é apresentada no MC-4.

Nenhuma resposta pôde ser agrupada na categoria “relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição”. Já a categoria “diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes” engloba duas subcategorias. Os alunos A7 e A35 apresentam a mesma resposta, afirmando, corretamente, que essa diferença entre as notas tocadas por instrumentos diferentes possui sons diferentes por causa do timbre ([RESP2/A35/A7 – G4] – DNI - Ndt). É possível inferir que os alunos A7 e A35 mostram uma mudança positiva na compreensão, uma vez que o MC-4 não apresenta que o timbre é a característica responsável por diferenciar notas musicais tocadas por instrumentos diferentes. De forma divergente, a subcategoria formada apenas pela resposta do aluno A32 afirma, equivocadamente, que essa diferença entre sons é por causa da amplitude e da duração de cada nota ([RESP2/32 – G4] – DNI – Nda).

As respostas dos estudantes agrupadas na categoria “diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora” referentes à terceira pergunta do questionário, nos levam a identificar algumas concepções diferentes das apresentadas no MC-4. Para o aluno A7 a intensidade da onda refere-se a potência e a quantidade de energia que o som é capaz de transmitir. Contudo, esse mesmo aluno também afirma que o timbre é o formato das oscilações, entrando em contradição consigo, pois afirmou anteriormente que o timbre está associado ao formato da onda sonora, na categoria “definição do conceito de timbre” ([RESP3/A7 – G4] – DTI – Iqtf). Além desse estudante, temos que o aluno A35 apresenta o conceito de intensidade sonora como algo que se relaciona com a potência da onda e o conceito de timbre como o formato da onda ([RESP3/A35 – G4] – DTI – Iptf). É possível inferir que ao final da intervenção o aluno A35 não conseguiu relacionar que esse “formato da onda” é a característica que chamamos de timbre.

A partir da análise das respostas, referentes à quarta pergunta, foram construídas três subcategorias que foram agrupadas na categoria “diferença entre os conceitos de timbre e altura do som”. A primeira subcategoria contempla a resposta do aluno A22 na qual afirma, de forma inadequada, que a altura é formada pelo timbre ([RESP4/A22 – G4] – DTA – Aft), divergindo do MC-4 que apresenta que o timbre é uma sobreposição de

ondas. Já o aluno A7 continua afirmando, de forma incorreta, que o timbre diz respeito ao formato das oscilações, além de afirmar que a altura é determinada pela frequência ([RESP4/A7 – G4] –DTA– Toaf). É possível inferir que houve uma mudança positiva na compreensão do aluno A7, uma vez que no MC-4 não apresenta que a altura do som é definida pela frequência. Também temos que o aluno A32 afirma, de forma inapropriada, que tanto a altura quanto o timbre se referem à potência da fonte emissora.

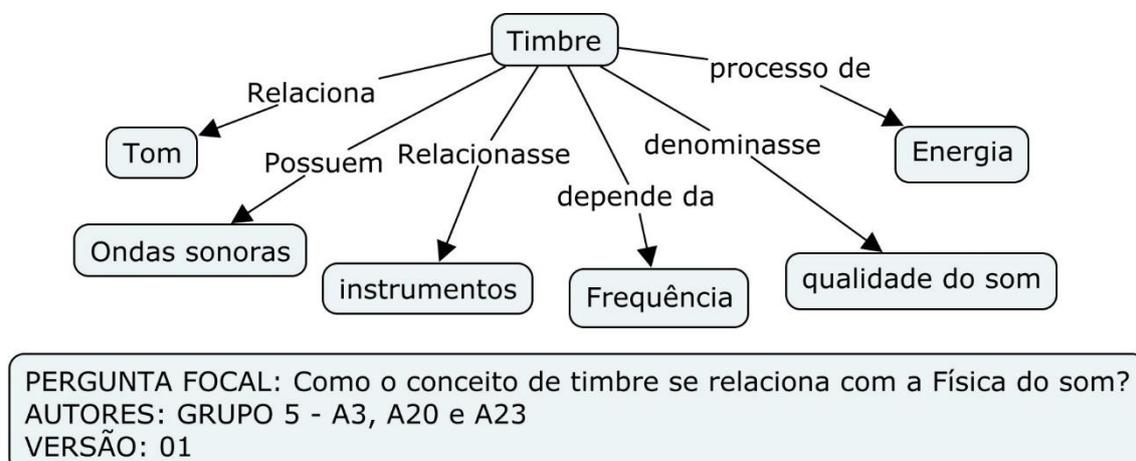
A partir das respostas do Grupo 4 é possível inferir que apenas o aluno A7 teve suas respostas presentes em todas as categorias e o aluno A32 em três das quatro categorias. A falta de capacidade de explicar e aplicar os conceitos em novas situações dos estudantes A22 e A32, as contradições entre as repostas individuais, e as informações presentes no MC-4, são indícios de aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017). Essa inferência ganha mais força quando olhamos para o tipo de estrutura proporcional apresentada no MC-4, a qual apresenta uma estrutura linear que implica numa aprendizagem superficial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013).

#### **4.2.5 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 05**

##### **Análise do mapa conceitual colaborativo 1**

A elaboração do MC-1 ocorreu durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, depois da aplicação da primeira situação-problema, por meio do processo de colaboração seguindo o modelo da construção colaborativa do conhecimento (FISCHER et al., 2002; CRESS; KIMMERLE, 2008; BALLETO, 2020), Figura 48.

**Figura 48:** Versão final do MC-1 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A3, A20 e A23 do Grupo 5.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 1 original (Apêndice G16)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-1 pode ser classificada como uma estrutura radial, visto que todas as proposições do mapa conceitual são relacionadas diretamente ao conceito inicial, além disso as proposições não fazem ligações diretamente umas com as outras (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Segundo Aguiar e Correia (2013) esse tipo de estrutura de conhecimento implica que os mapeadores possuem pouco conhecimento sobre o tema, uma vez que os estudantes não conseguem identificar relações entre os demais conceitos do mapa conceitual (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013). Esse tipo de estrutura de conhecimento também implica numa aprendizagem mecânica no qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-1 não apresenta uma organização hierárquica que permitisse observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. De forma análoga, também não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-1 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 35.

**Quadro 35:** Classificação das proposições do MC-1 do grupo 5

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Relaciona	Tom	LIMITADA
Timbre	Possuem	Ondas sonoras	INAPROPRIADA
Timbre	Relacionasse	Instrumentos	LIMITADA
Timbre	Depende da	Frequência	INAPROPRIADA
Timbre	Denominasse	Qualidade do som	INAPROPRIADA
Timbre	Processo de	Energia	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-1, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 1 é algo que está relacionado com os instrumentos e o tom. O timbre também é denominado como um processo de energia e classificado como qualidade do som. Além disso, o mapa também apresenta que o timbre depende da frequência e possui ondas sonoras.

A proposição “*Timbre – Processo de → Energia*”, foi classificada como limitada, uma vez que o termo de ligação não apresenta verbo. Já as proposições “*Timbre – Relacionasse → Instrumentos*” e “*Timbre – Relaciona → Tom*” foram classificadas como limitadas, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente, todavia, as proposições formadas simplesmente com os termos de ligação “*relaciona*” e “*relacionasse*”, apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não mostram qual é a relação entre os conceitos. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

As proposições “*Timbre – Possuem → Ondas sonoras*”, “*Timbre – Depende da → Frequência*” e “*Timbre – Denominasse → Qualidade do som*” foram classificadas como inapropriadas, uma vez que o conteúdo das proposições diverge do conceito

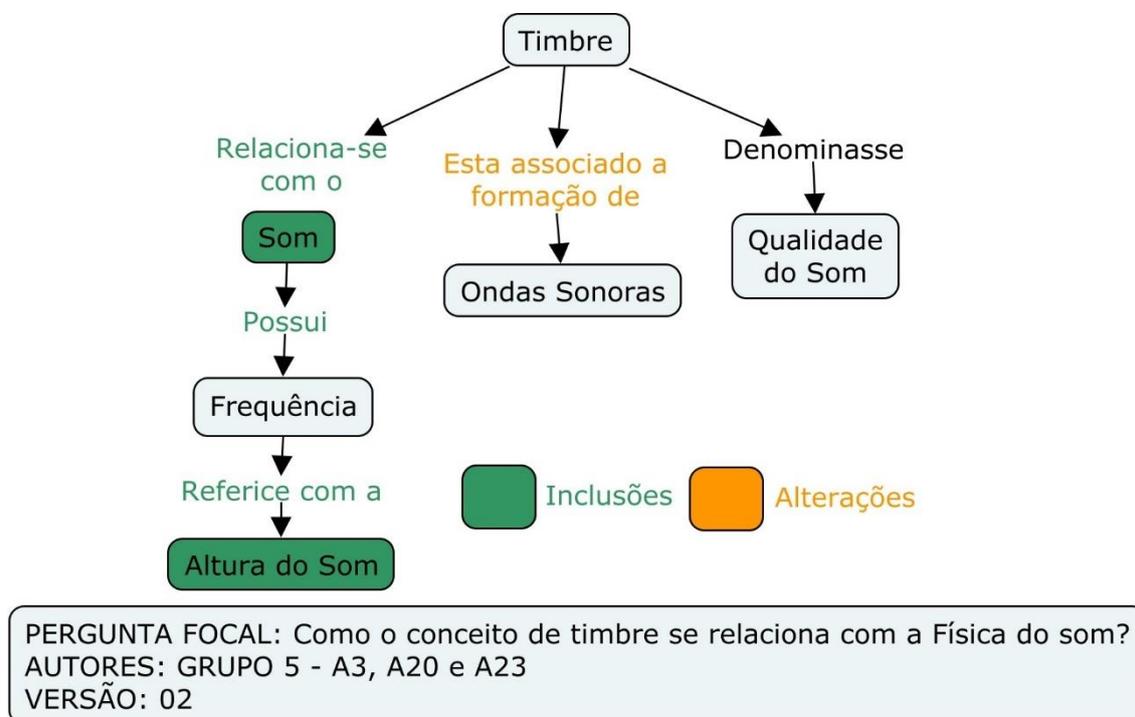
científico. A primeira proposição afirma que o timbre “*possuem ondas sonoras*”, contudo é o inverso, pois são as ondas sonoras que são caracterizadas pelo seu timbre. A segunda proposição foi classificada como inapropriada porque o timbre não depende da frequência da onda, mas sim do fenômeno da “superposição”. Temos também que a terceira proposição afirma que o timbre é denominado como qualidade do som, entretanto a forma como a proposição está escrita leva a entender que só existe uma qualidade do som, contudo o timbre é uma das qualidades do som junto com a altura e a intensidade sonora.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 1 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” A partir da análise do MC-1 é possível identificar que o mapa relaciona o conceito de timbre com outros conceitos, como instrumentos, tom, ondas sonoras, frequência, qualidade do som e processo de energia. Também é possível inferir que o MC-1 apresenta conceitos pertinentes à pergunta focal, logo, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. Entretanto, a partir da análise do conjunto das proposições é possível inferir que o mapa não responde à pergunta focal, uma vez que os estudantes não conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 2**

O MC-2 foi construído após um momento de colaboração entre os grupos, participando também o professor e o pesquisador. Dessa forma, cada grupo pôde apresentar e receber contribuições para a elaboração da versão final do MC-2, Figura 49.

**Figura 49:** Versão final do MC-2 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A3, A20 e A23 do Grupo 5.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 2 original (Apêndice G17)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-2 passou por mudanças relevantes, de forma que a estrutura proposicional do mapa mudou, saindo de uma estrutura radial para uma estrutura linear, uma vez que rompe com as relações diretamente ligadas ao conceito inicial e passam a apresentar um encadeamento sequencial de conceitos, ligados apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-2 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados

progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-2 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 36.

**Quadro 36:** Classificação das proposições do MC-2 do grupo 5

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Relaciona-se com o	Som	LIMITADA
Som	Possui	Frequência	APROPRIADA
Frequência	Refere com a	Altura do Som	LIMITADA
Timbre	Esta associado a formação de	Ondas sonoras	INAPROPRIADA
Timbre	Denominasse	Qualidade do som	INAPROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-2, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 5 se mantém associado à formação de ondas sonoras e a sua classificação como qualidade do som. Após o processo de colaboração entre grupos, durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, o Grupo 5 deixa de relacionar o conceito de timbre como um processo de energia e como algo que está relacionado com o instrumento e ao tom musical, ao mesmo tempo que passa a associar o timbre como algo ligado ao som. A partir dessas proposições mais gerais, o MC-2 relaciona as próximas proposições com os conceitos de frequência e altura do som.

As proposições “*Timbre – Relaciona-se com o → Som*” e “*Frequência – Refere com a → Altura do Som*” foram classificadas como limitadas, visto que os termos de ligação apenas permitem identificar que os conceitos possuem uma relação, contudo não apresenta qual é essa relação. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

A proposição “*Timbre – Denominasse → Qualidade do som*” continua sendo classificada como inapropriada, uma vez que o timbre é definido como qualidade do som, contudo a proposição transmite o pensamento de que só existe uma qualidade do som. De forma análoga, temos que a proposição “*Timbre – Está associado a formação de → Ondas sonoras*” é classificada como inapropriada, devido ao fato do timbre não está associado com a formação das ondas sonoras, mas sim com o resultado do fenômeno da superposição de ondas sonoras.

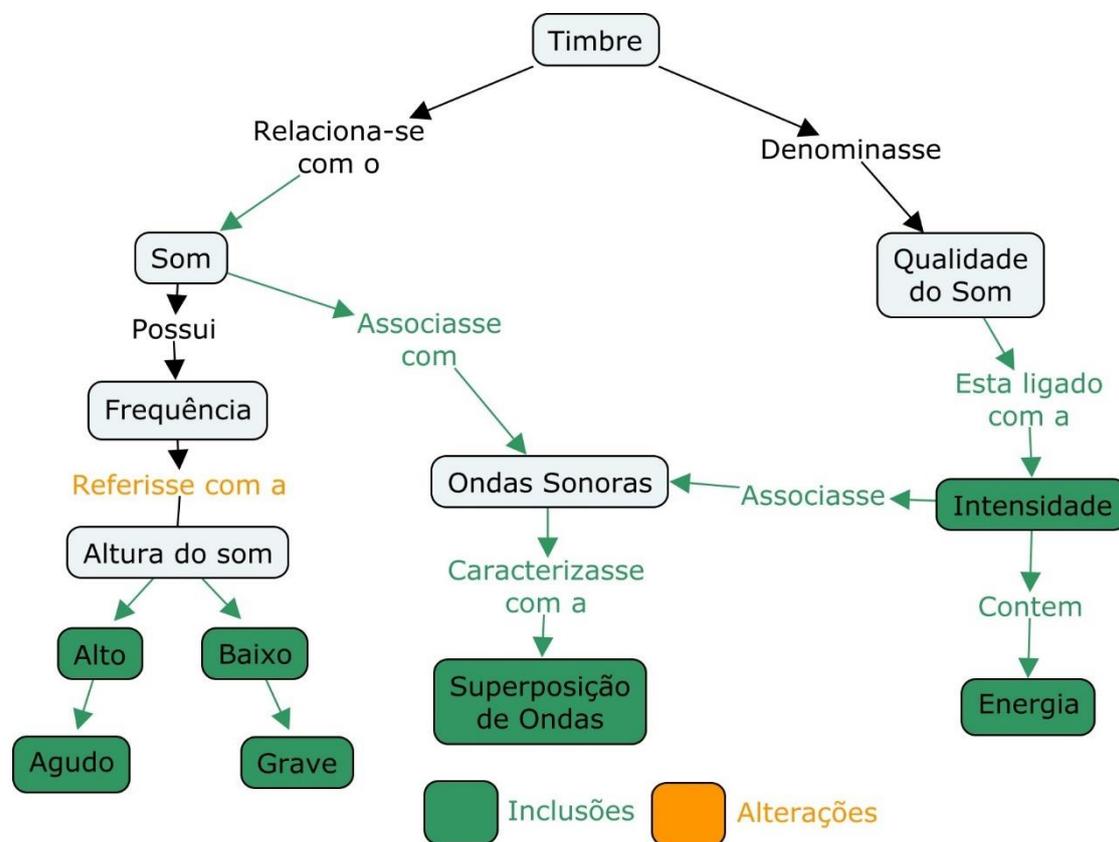
A proposição “*Som – Possui → Frequência*” foi classificada como apropriada, uma vez que seu conteúdo converge com o conceito científico, todavia temos que a proposição apresenta uma relação bem superficial entre os conceitos, uma vez que o som é caracterizado, especificamente, por uma determinada frequência.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 2 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” A partir da análise do MC-2 é possível identificar que o mapa passa a relacionar o conceito de timbre com outros conceitos, como som, ondas sonoras e qualidade do som. Também é possível inferir que o MC-2 apresenta conceitos pertinentes à pergunta focal, logo, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. No entanto, a partir da análise do conjunto das proposições é possível inferir que o mapa não responde à pergunta focal, uma vez que o Grupo 5 conseguiu fazer apenas uma relação apropriada entre o conceito de timbre e outros conceitos da física acústica.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 3**

O MC-3, Figura 50, foi construído logo após a aplicação da segunda situação-problema e o processo da reconciliação integradora, no qual foram trabalhadas as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre do som) e os fenômenos da interferência e superposição de ondas sonoras.

**Figura 50:** Versão final do MC-3 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A3, A20 e A23 do Grupo 5.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 5 - A3, A20 e A23  
 VERSÃO: 03

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 3 original (Apêndice G18)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-1 começa a se assemelhar mais com a estrutura em rede comparada com a estrutura linear, pois os conceitos presentes no mapa vão além do encadeamento sequencial de conceitos, ligados imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Contudo, também se faz necessário afirmar que esse terceiro mapa colaborativo também não apresenta uma rede de conceitos altamente integrada e hierárquica que caracteriza uma estrutura em rede, mas o mapa apresenta uma organização que rompe com o encadeamento linear, implicando dizer que os estudantes já começam a apresentar uma estrutura proposicional mais complexa, na qual as proposições apresentam ligações cruzadas, sugerindo domínio sobre o tema, mesmo que sejam identificadas proposições

inapropriadas (CORREIA et al., 2016), indicando assim uma aprendizagem mais profunda (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), ou seja, uma aprendizagem significativa na qual predomina a atribuição de significado de forma substancial e não arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-3 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHs. As proposições do MC-3 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 37.

**Quadro 37:** Classificação das proposições do MC-3 do grupo 5

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Relaciona-se com o	Som	LIMITADA
Som	Possui	Frequência	APROPRIADA
Frequência	Referisse com a	Altura do Som	LIMITADA
Altura do Som	-	Alto	LIMITADA
Alto	-	Agudo	LIMITADA
Altura do Som	-	Baixo	LIMITADA
Baixo	-	Grave	LIMITADA
Som	Associasse com	Ondas sonoras	LIMITADA
Ondas sonoras	Caracterizasse com a	Superposição de ondas	INAPROPRIADA
Timbre	Denominasse	Qualidade do som	INAPROPRIADA
Qualidade do Som	Esta ligado com a	Intensidade	LIMITADA
Intensidade	Contem	Energia	INAPROPRIADA
Intensidade	Associasse	Ondas Sonoras	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-3, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 5 se mantém associado com os conceitos de som e qualidade do som. Além disso, o mapa continua relacionando as próximas proposições com os conceitos de frequência e altura. Após o momento de colaboração entre grupos, durante a etapa da reconciliação

integradora, o Grupo 5 passa a relacionar as próximas proposições com os conceitos alto, baixo, grave, agudo, superposição de ondas, intensidade e energia.

As proposições “*Frequência → Relaciona-se com o → Som*”, “*Som → Associasse com → Ondas sonoras*”, “*Frequência → Referisse com a → Altura do Som*”, “*Qualidade do Som → Esta ligado com a → Intensidade*” e “*Intensidade → Associasse → Ondas Sonoras*” foram classificadas como limitadas, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente, todavia as proposições formadas simplesmente com os termos de ligação “*relaciona-se com o*”, “*associasse com*”, “*relacionasse*”, “*refere com a*”, “*esta ligado com a*” e “*associasse*” apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não mostram qual é a relação entre os conceitos. Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

Também foram classificadas como limitadas as proposições “*Altura do Som → Alto*”, “*Alto → Agudo*”, “*Altura do Som → baixo*” e “*Baixo → Grave*”, uma vez que não apresentam termos de ligação, impedindo compreender qual o significado entre os conceitos apresentados pelos mapeadores. Essas limitações são comuns nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020).

Já as proposições “*Ondas sonoras → Caracterizasse com a → Superposição de ondas*”, “*Timbre → Denominasse → Qualidade do som*” e “*Intensidade → Contem → Energia*” são classificadas como inapropriadas, uma vez que os conteúdos das proposições divergem do conceito científico. A primeira proposição afirma que as ondas sonoras se caracterizam pelo fenômeno da superposição, contudo mais do que se caracterizar, elas sofrem esse fenômeno. A proposição “*Timbre – Denominasse → Qualidade do som*” continua sendo classificada como inapropriada, uma vez que o timbre é definido como uma das qualidades do som, contudo o mapa conceitual mais uma vez não inclui os conceitos de frequência e intensidade. Temos que a terceira proposição apresenta que o conceito de intensidade contém energia, entretanto o Grupo 5 não conseguiu relacionar que as ondas sonoras mais do que conter energia, elas propagam energia.

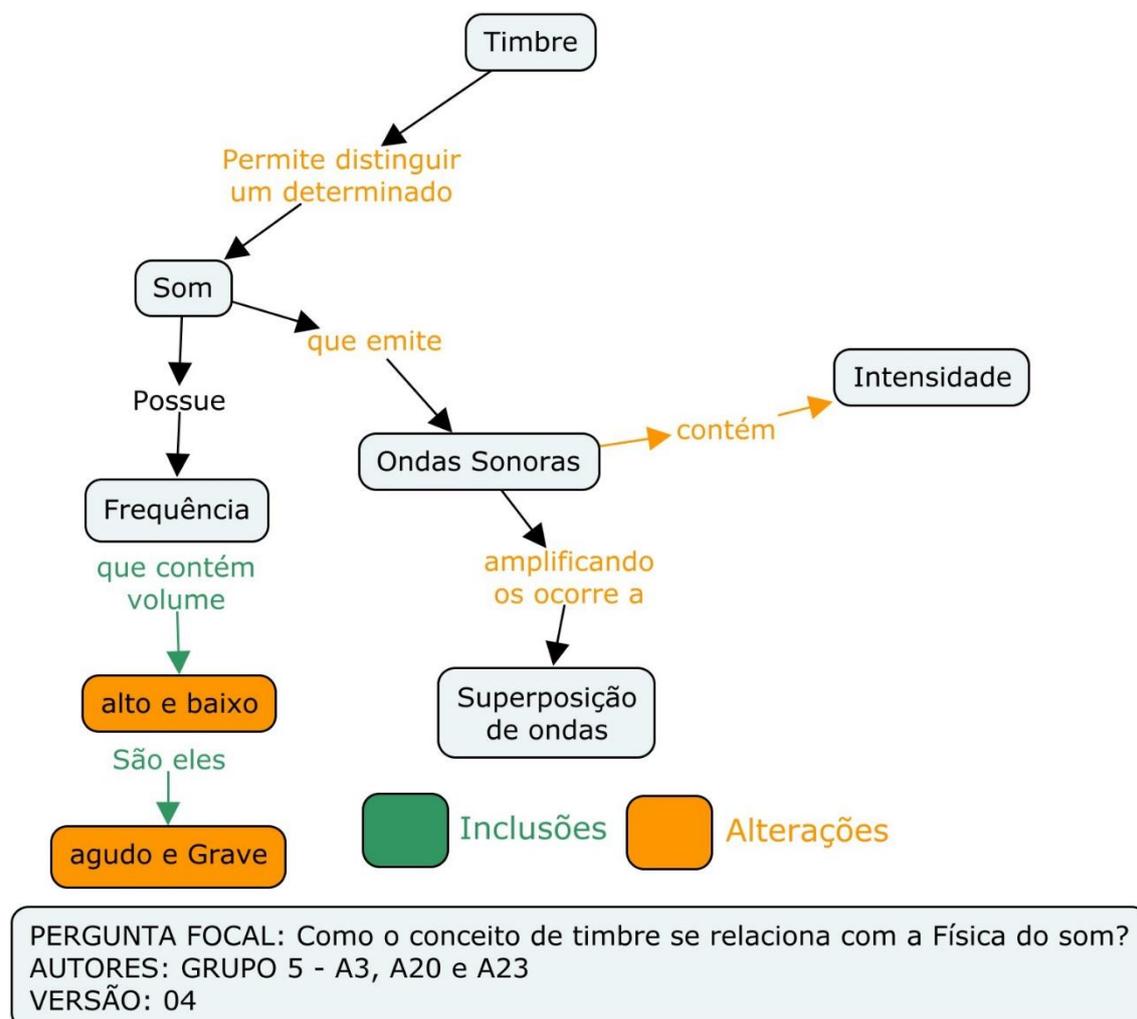
A proposição “*Som – Possui → Frequência*” continuou sendo classificada como apropriada, uma vez que seu conteúdo converge com o conceito científico, todavia temos que a proposição apresenta uma relação bem superficial entre os conceitos, uma vez que o som é caracterizado por uma determinada frequência.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 3 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” A partir da análise do MC-3 é possível identificar que o mapa mantém os conceitos relacionados da versão anterior, ao mesmo tempo que passa a relacionar novos, como os conceitos de alto, baixo, grave, agudo, superposição de ondas, intensidade e energia. Além disso, é possível perceber que o MC-3 apresenta conceitos pertinentes à pergunta focal, logo, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. A partir da análise do MC-3 é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual não foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que os estudantes não conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica de forma apropriada.

#### **Análise do mapa conceitual colaborativo 4**

A elaboração do MC-4 ocorreu durante a etapa do processo da reconciliação integradora após o momento de colaboração entre os grupos, Figura 51.

**Figura 51:** Versão final do MC-4 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A3, A20 e A23 do Grupo 5.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 4 original (Apêndice G19)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-4 apresenta uma diminuição das proposições devido algumas exclusões, de forma que a estrutura proposicional do mapa conceitual volta a se assemelhar com a estrutura linear, uma vez que a maioria das proposições são marcadas pelo encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas entre proposições. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013),

implicando numa aprendizagem mecânica na qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-4 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-4 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 38.

**Quadro 38:** Classificação das proposições do MC-4 do grupo 5

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Permite distinguir um determinado	Som	APROPRIADA
Som	Possui	Frequência	APROPRIADA
Frequência	Que contém volume	Alto e Baixo	LIMITADA
Altura do Som	São eles	Agudo e Grave	LIMITADA
Som	Que emite	Ondas Sonoras	LIMITADA
Ondas Sonoras	Amplificando os ocorre a	Superposição de Ondas	LIMITADO
Ondas Sonoras	Contém	Intensidade	APROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-4 permitiu identificar que o conceito de timbre para o Grupo 5 se mantém associado ao conceito de som. Após o momento de colaboração entre grupos, durante a etapa da reconciliação integradora, o mapa deixa de relacionar o timbre com o conceito de qualidade do som, ao mesmo tempo que junta em um único conceito as palavras alto e baixo, como também as palavras grave e agudo.

As proposições “*Frequência – Que contém volume → Alto e Baixo*”, “*Som – Que emite → Ondas Sonoras*”, “*Altura do Som – São eles → Agudo e Grave*” e “*Ondas Sonoras – Amplificando os ocorre a → Superposição de Ondas*” foram classificadas como limitadas visto que os conteúdos dos termos de ligação não apresentam clareza

semântica. Essas limitações são comuns nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

Já as proposições “*Som – Possui → Frequência*”, “*Ondas Sonoras – Contém → Intensidade*” e “*Timbre – Permite distinguir um determinado → Som*” foram classificadas como apropriadas, uma vez que o conteúdo das proposições converge com o conceito científico. A primeira proposição apresenta uma relação bem superficial entre os conceitos, uma vez que o som é caracterizado por uma determinada frequência. Do mesmo modo, a segunda proposição também apresenta uma relação bem superficial entre os conceitos, uma vez que o som é caracterizado por uma determinada intensidade. Já a terceira proposição apresenta uma das características do timbre que é a capacidade de distinguir sons, todavia o MC-4 não especifica que o timbre permite distinguir sons de mesma intensidade e frequência.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 4 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Com a análise do MC-4 é possível identificar que o mapa retira apenas o conceito de qualidade do som presente na versão anterior, ao mesmo tempo que junta em um único conceito as palavras alto e baixo, como também as palavras grave e agudo. Além disso, é possível perceber que o MC-4 apresenta conceitos pertinentes à pergunta focal, logo, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. A partir da análise do MC-4, é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que os estudantes conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica de forma apropriada.

A análise de todos os mapas conceituais colaborativos elaborados pelo grupo 5 permitiu observar mudanças intensas durante todo o processo da construção dos mapas, destaca-se que as estruturas proposicionais dos mapas conceituais foram classificadas como radial, linear, em rede e voltando para linear. É possível inferir que as mudanças nas estruturas de conhecimento representam a mudança do entendimento do conteúdo pelos estudantes durante o processo de aprendizagem, contudo a estrutura de conhecimento linear implica numa aprendizagem mais superficial (KINCHIN; HAY;

ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), ou seja, uma aprendizagem mecânica na qual predomina a memorização dos conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

### **Análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do questionário aberto - Grupo 5**

O QA foi aplicado durante a oitava etapa da aplicação da UEPS para avaliação somativa individual. No Quadro 39, trazemos as categorias e subcategorias que emergiram a partir da análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do QA, abordando os conceitos de superposição, timbre, altura e intensidade do som.

**Quadro 39:** Categorias e subcategorias emergidas da análise das respostas do QA, referentes às perguntas 1 a 4, respondidas pelos alunos A20 e A23 do Grupo 5.

<b>CAT.</b>	<b>SUBCAT.</b>	<b>UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO</b>	<b>COD.</b>
Definição do conceito de timbre (DT)	-	-	-
Relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição (RTS)	Timbre é único para cada pessoa e instrumento enquanto a superposição de ondas é a união de várias ondas (Tusfv)	<b>“[...] cada pessoa ou instrumento tem o seu timbre, e a superposição de ondas são ondas crias a partir de outras ondas que formam uma só”</b>	[RESP1/A23 – G5] – RTS – Tusfv
Diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes (DNI)	Cada instrumento possui um timbre específico (Cite)	<b>“Porque cada instrumento ou pessoa tem seu timbre específico”</b>	[RESP2/A23 – G5] – DNI – Cite
		<b>“Porque cada um possui timbres diferentes”</b>	[RESP2/A20 – G5] – DNI – Cite
Diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora (DTI)	Timbre diferencia a mesma nota tocada por instrumento diferente enquanto a intensidade diferencia som grave e agudo (Tidid)	<b>“[...] O timbre do som possui uma característica que diferencia a mesma nota musical tocada por dois instrumentos diferentes. A intensidade sonora ela diferencia se o som vai sair agudo ou grave.”</b>	[RESP3/A20 – G5] – DTI – Tidid

Diferença entre os conceitos de timbre e altura do som (DTA)	Altura permite diferenciar sons graves de agudos (Adga)	<b>“altura do som define se o som é grave ou agudo”</b>	[RESP4/A20 – G5] –DTA – Adga
--	---	---	------------------------------

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Nenhuma resposta pôde ser agrupada na categoria “definição do conceito de timbre”. Apenas a resposta do aluno A23 foi agrupada na categoria “relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição”. Para o aluno A23, o timbre é único para cada pessoa e instrumento musical, enquanto que o fenômeno da superposição é a união de várias ondas ([RESP1/A23 – G5] – RTS – Tusfv). É possível inferir que o estudante após o término da aplicação da pesquisa, não conseguiu relacionar o timbre como uma característica proveniente do fenômeno da superposição.

Tanto o aluno A23 quanto o aluno A20 tiveram suas respostas agrupadas na mesma subcategoria “cada instrumento possui um timbre específico”. Os dois estudantes justificam a diferença entre a mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes, afirmando que cada instrumento possui um timbre específico, como ilustrado no trecho “Porque cada um possui timbres diferentes” ([RESP2/A20 – G5] – DNI – Cite). É possível inferir que houve uma mudança positiva na compreensão dos estudantes, uma vez que no MC-4 não é apresentado que o conceito de timbre possui a propriedade de diferenciar a mesma nota tocada por instrumentos diferentes.

Apenas a resposta do aluno A20 foi agrupada na categoria “diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora”. Para esse estudante o timbre diferencia a mesma nota tocado por instrumentos diferentes enquanto que a intensidade é responsável por diferenciar sons graves e agudos ([RESP3/A20 – G5] – DTI – Tidid). É possível inferir que o estudante ao final da intervenção ainda confunde os conceitos de intensidade e altura do som, uma vez que é a altura do som define se as notas são classificadas como graves ou agudas.

Novamente, apenas a resposta do aluno A20 foi agrupada na categoria “diferença entre os conceitos de timbre e altura do som”. O estudante afirma corretamente que a “altura do som que define se o som é grave ou agudo” ([RESP4/A20 – G5] – DTA – Adga). É possível inferir que houve uma mudança na compreensão do estudante, visto que o MC-4 não apresenta que a altura do som está relacionada aos sons graves e agudos.

Contudo, o aluno A20 entra em contradição consigo porque que ele afirma na terceira pergunta que é o timbre que define se o som é grave ou agudo.

A contradição do aluno A20 e a falta da capacidade de explicar e aplicar os conhecimentos em novas situações do aluno A23 são indícios de aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017). Essa inferência ganha mais força quando olhamos para o tipo de estrutura proporcional apresentada no MC-4, a qual apresenta uma estrutura linear que implica numa aprendizagem superficial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013).

#### **4.2.6 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 06**

##### **Análise do mapa conceitual colaborativo 1**

A elaboração do MC-1 ocorreu durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, depois da aplicação da primeira situação-problema, por meio do processo de colaboração seguindo o modelo da construção colaborativa do conhecimento (FISCHER et al., 2002; CRESS; KIMMERLE, 2008; BALLETO, 2020), Figura 52.

**Figura 52:** Versão final do MC-1 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A4, A6, A10 e A15 do Grupo 6.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 6 - A4, A6, A10 e A15  
 VERSÃO: 01

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 1 original (Apêndice G20)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-1 se assemelha com a estrutura linear, uma vez que as proposições são marcadas pelo encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial, implicando numa aprendizagem mecânica (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-1 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-1 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 40.

**Quadro 40:** Classificação das proposições do MC-1 do grupo 6

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	é caracterizado por	Ondas Sonoras	INAPROPRIADA
Ondas Sonoras	que emitem	Vibrações	LIMITADA
Vibrações	que produz	Notas musicais	LIMITADA
Notas musicais	que possui	Frequência	LIMITADA
Frequência	que nos faz distinguir	Instrumentos	LIMITADA
Instrumento	permite identificar o	Som	INAPROPRIADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após a análise desse primeiro mapa conceitual, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 1 é algo que é caracterizado por ondas sonoras. A partir dessa proposição mais geral, o Grupo 6 relaciona as próximas proposições de forma linear com os conceitos referentes a vibrações, notas musicais, frequência e instrumento.

As proposições “*Ondas Sonoras – que emitem → Vibrações*”, “*Vibrações – que produz → Notas musicais*”, “*Notas musicais – que possui → Frequência*” e “*Frequência – que nos faz distinguir → Instrumentos*” foram classificadas como limitadas, uma vez que os termos de ligação apresentam problemas de clareza semântica. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

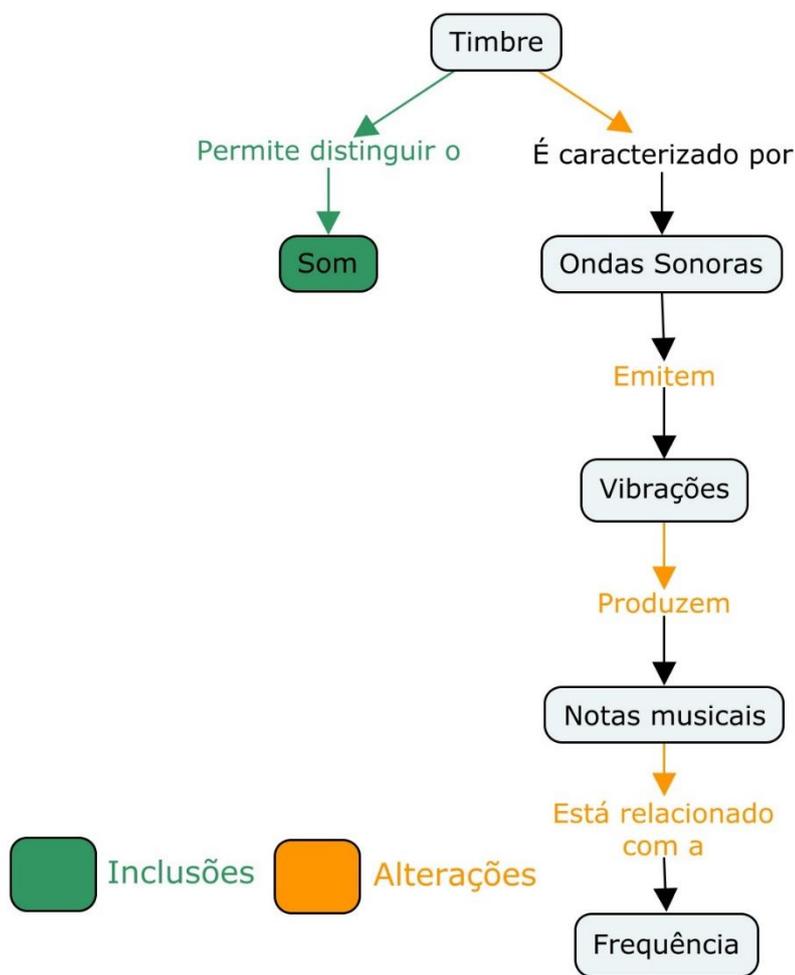
Temos que as proposições “*Timbre – é caracterizado por → Ondas Sonoras*” e “*Instrumento – permite identificar o → Som*” foram classificadas como inapropriadas pois o conteúdo das proposições diverge do conceito científico. A primeira proposição apresenta que o timbre é caracterizado por ondas sonoras, contudo, é o inverso, são as ondas sonoras que apresentam como característica o timbre. Já na segunda proposição, o Grupo 6 não conseguiu relacionar que instrumentos diferentes produzem sons diferentes por causa do seu timbre característico, implicando na possibilidade de identificar qual instrumento produziu o som.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 1 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Com a análise do MC-1 é possível identificar que o mapa conceitual se relaciona com os conceitos de ondas sonoras, vibrações, notas musicais, frequência e instrumento. Além disso, é possível perceber que o MC-1 apresenta conceitos pertinentes à pergunta focal, logo, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. Por fim, temos que a partir da análise é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual não foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que os estudantes não conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica de forma apropriada.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 2**

O MC-2 foi construído após um momento de colaboração entre os grupos, participando também o professor e o pesquisador. Dessa forma, cada grupo pôde apresentar e receber contribuições para a elaboração da versão final do MC-2, Figura 53.

**Figura 53:** Versão final do MC-2 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A4, A6, A10 e A15 do Grupo 6.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 6 - A4, A6, A10 e A15  
 VERSÃO: 02

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 2 original (Apêndice G21)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-2 apresenta uma nova proposição e algumas mudanças nos termos de ligação, o que resultou num ganho de clareza semântica, contudo a rede proposicional ainda se assemelha com a estrutura linear, uma vez que as proposições são marcadas pelo encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos

sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-2 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-2 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 41.

**Quadro 41:** Classificação das proposições do MC-2 do grupo 6

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Permite distinguir o	Som	APROPRIADA
Timbre	É caracterizado por	Ondas Sonoras	INAPROPRIADA
Ondas Sonoras	Emitem	Vibrações	INAPROPRIADA
Vibrações	Produzem	Notas musicais	INAPROPRIADA
Notas musicais	Está relacionada com a	Frequência	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-2 permitiu identificar que o conceito de timbre para o Grupo 6 continua sendo algo que é caracterizado por ondas sonoras. Após o processo de colaboração entre grupos, o mapa passa a relacionar o timbre como algo que permite a distinção do som, ao mesmo tempo que apresenta algumas mudanças nos termos de ligação, embora não seja identificado alterações nos conceitos.

A proposição “*Notas musicais – Está relacionada com a → Frequência*” foi classificada como limitada, mesmo que o termo de ligação faça sentido aparentemente, todavia a proposição formada simplesmente com o termo de ligação “*está relacionada com a*” apenas apresenta que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não mostram qual é a relação entre os conceitos. Essa limitação é comum nos mapeadores

iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que o conteúdo semântico das proposições permite ser compreendido.

As proposições “*Timbre – É caracterizado por → Ondas Sonoras*”, “*Ondas Sonoras – Emitem → Vibrações*” e “*Vibrações – Produzem → Notas musicais*” foram classificadas como inapropriadas, uma vez que o conteúdo das proposições diverge dos conceitos científicos. A primeira proposição continua sendo classificada como inapropriada porque afirmar que o timbre é caracterizado por ondas sonoras, contudo são as ondas sonoras que são caracterizadas pelo timbre. A segunda e a terceira proposição relacionam de forma inadequada os conceitos de onda sonora, vibrações e notas musicais. Temos que as vibrações em um determinado instrumento musical provocam uma perturbação no ar, gerando notas musicais que são ondas sonoras, transportando energia.

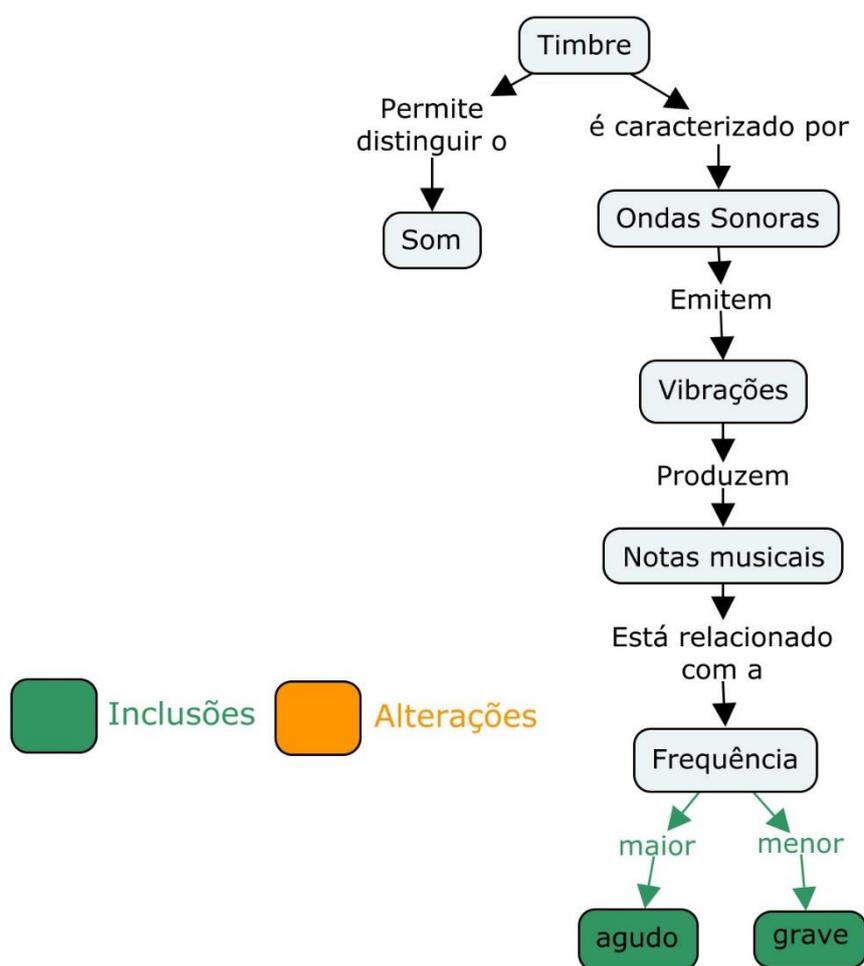
A proposição “*Timbre – Permite distinguir o → Som*” foi classificada como apropriada, uma vez que apresenta uma das características do timbre que é a capacidade de distinguir sons, todavia o MC-2 não especifica que o timbre permite a distinção da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes, ou seja, sons de mesma intensidade e frequência.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 2 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Com a análise do MC-2 é possível identificar que o mapa conceitual continua relacionando os mesmos conceitos da versão anterior, adicionando apenas o conceito de som. Além disso, é possível perceber que o MC-2 apresenta conceitos pertinentes à pergunta focal, logo, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. Também é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual não foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que os estudantes apenas apresentam uma única proposição, classificada como apropriada, relacionada com o conceito de timbre, como ilustrado na proposição “*Timbre – Permite distinguir o → Som*”, além disso essa proposição não especifica que o timbre permite distinguir sons de mesma intensidade e frequência.

### Análise do mapa conceitual colaborativo 3

O MC-3, Figura 54, foi construído logo após a aplicação da segunda situação-problema e o processo da reconciliação integradora, no qual foram trabalhadas as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre do som) e os fenômenos da interferência e superposição de ondas sonoras.

**Figura 54:** Versão final do MC-3 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A4, A6, A15 e A27 do Grupo 6.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 6 - A4, A6, A10 e A15  
 VERSÃO: 03

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 3 original (Apêndice G22)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-3 apresenta novos conceitos, contudo a rede proposicional ainda se assemelha com a

estrutura linear, uma vez que as proposições são marcadas pelo encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), sem a presença de ligações cruzada, implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-3 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-3 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 42.

**Quadro 42:**Classificação das proposições do MC-3 do grupo 6

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	Permite distinguir o	Som	APROPRIADA
Timbre	É caracterizado por	Ondas Sonoras	INAPROPRIADA
Ondas Sonoras	Emitem	Vibrações	INAPROPRIADA
Vibrações	Produzem	Notas musicais	INAPROPRIADA
Notas musicais	Está relacionada com a	Frequência	LIMITADA
Frequência	Menor	Grave	LIMITADA
Frequência	Maior	Agudo	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-3, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 5 se mantém associado com os conceitos de som e ondas sonoras. Após o momento de colaboração entre grupos, durante a etapa da reconciliação integradora, a rede proposicional do mapa continua a mesma, exceto pela adição de dois conceitos: grave e agudo.

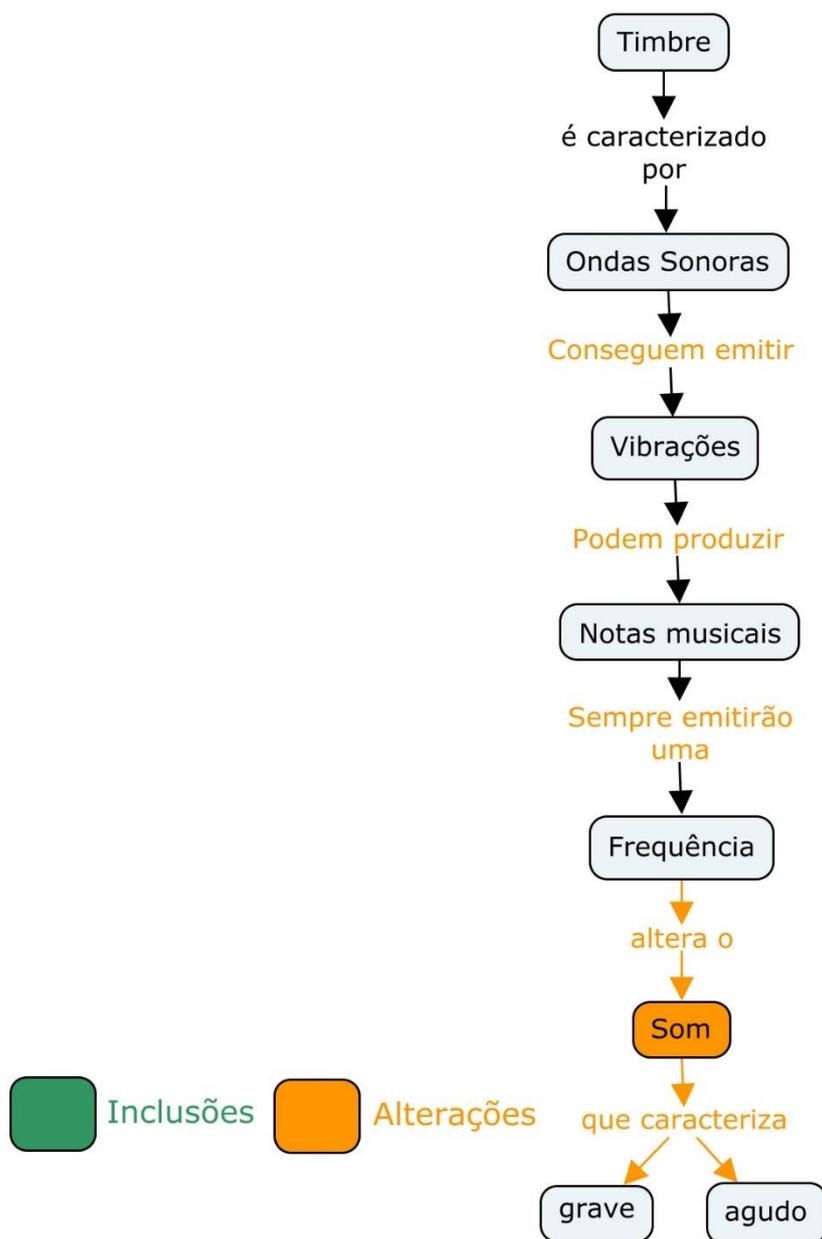
As duas novas proposições “*Frequência – Menor → Grave*” e “*Frequência – Maior → Agudo*” foram classificadas como limitadas porque as proposições não apresentam verbos. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020).

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 3 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Temos que a partir da análise do MC-3 foi identificado que se manteve a maioria das proposições, sendo adicionadas mais duas proposições. Por isso, é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual não foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que os estudantes apenas apresentam uma única proposição apropriada relacionada com o conceito de timbre, como ilustrado na proposição “*Timbre – Permite distinguir o → Som*”, além do mais, essa proposição não especifica que o timbre permite distinguir sons de mesma intensidade e frequência.

#### **Análise do mapa conceitual colaborativo 4**

A elaboração do MC-4 ocorreu durante a etapa do processo da reconciliação integradora após o momento de colaboração entre os grupos, Figura 55.

**Figura 55:** Versão final do MC-4 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A4, A6, A10 e A15 do Grupo 6.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 6 - A4, A6, A10 e A15  
 VERSÃO: 04

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 4 original (Apêndice G23)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-4 apresenta que a maioria dos termos de ligação das proposições foram alteradas, resultando numa maior clareza semântica, contudo a rede proposicional ainda se

assemelha com a estrutura linear, uma vez que as proposições são marcadas pelo encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas àqueles imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial, implicando numa aprendizagem mecânica (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-4 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-4 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 43.

**Quadro 43:** Classificação das proposições do MC-4 do grupo 6

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	É caracterizado por	Ondas Sonoras	INAPROPRIADA
Ondas Sonoras	Conseguem emitir	Vibrações	INAPROPRIADA
Vibrações	Podem produzir	Notas musicais	INAPROPRIADA
Notas musicais	Sempre emitirão uma	Frequência	INAPROPRIADA
Frequência	Altera o	Som	INAPROPRIADA
Som	Que caracteriza	Agudo	LIMITADA
Som	Que caracteriza	grave	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-4 permitiu identificar que o conceito de timbre para o Grupo 6 se mantém associado como algo que é caracterizado por ondas sonoras. Após o momento de colaboração entre grupos, durante a etapa da reconciliação integradora, o mapa deixa de relacionar o timbre como a característica que permite a distinção do som, ao mesmo tempo que modifica a maioria dos termos de ligação.

As proposições “*Som – Que caracteriza → Agudo*” e “*Som – Que caracteriza → Grave*” foram classificadas como limitadas, uma vez que os termos de ligação apresentam problemas de clareza semântica. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que o conteúdo semântico das proposições permite ser compreendido.

A proposição “*Timbre – É caracterizado por → Ondas Sonoras*” não sofreu nenhuma alteração e continuou classificada como inapropriada. Já as proposições “*Ondas Sonoras – Conseguem emitir → Vibrações*” e “*Notas musicais – Sempre emitirão uma → Frequência*” tiveram seus termos de ligação alterados, contudo ainda continuam classificadas como inapropriadas. Desse modo, a segunda proposição foi classificada como inapropriada porque as ondas sonoras não emitem vibrações, mas sim são geradas por vibrações que provocam uma perturbação no ar. De forma análoga, a terceira proposição é inapropriada porque as notas musicais não emitem uma frequência, mas sim possuem como característica uma frequência particular.

A nova proposição “*Frequência – Altera o → Som*” também foi classificada como inapropriada, uma vez que o conteúdo da proposição não converge com o conceito científico. A proposição afirma que a frequência altera o som, contudo temos que a frequência é uma característica da onda sonora, ou seja, a frequência não altera o som. Já a proposição “*Vibrações – Podem produzir → Notas musicais*” também foi classificada como inapropriada, uma vez que não é qualquer vibração que é capaz de gerar notas musicais, pois cada nota musical possui uma taxa de vibração característica.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 4 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Com a análise do mapa é possível identificar que não houve mudanças relevantes entre os conceitos apresentados, apenas alterações na maioria dos termos de ligação. Além disso, é possível perceber que o MC-4 apresenta conceitos pertinentes à pergunta focal, logo, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. Também é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual não foi suficiente para responder à pergunta focal, uma

vez que os estudantes não conseguiram fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica de forma apropriada.

A análise dos mapas conceituais colaborativos possibilitou observar que o Grupo 6 repetiu a maioria dos conceitos ao longo da produção dos mapas conceituais, apenas excluindo algumas proposições e fazendo alterações em alguns termos de ligação, provocando o aumento da clareza semântica, mas sem implicar na mudança das proposições classificadas como inapropriadas para apropriadas.

Além disso, toda nova proposição era adicionada ao final dos conceitos organizados de forma linear, implicando em nenhuma mudança efetiva na rede proposicional, que não deixou de ser classificada como linear durante todo processo de ensino. A falta de mudanças na rede proposicional durante a elaboração dos mapas conceituais colaborativos pode ser justificada pelo tipo de aprendizagem representada na estrutura proposicional dos mapas conceituais, uma vez que os mapas apresentam uma estrutura linear, implicando numa aprendizagem mais superficial, ou seja, mecânica, na qual predomina a memorização dos conceitos de forma arbitrária.

#### **Análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do questionário aberto - Grupo 6**

O QA foi aplicado durante a oitava etapa da aplicação da UEPS para avaliação somativa individual. No Quadro 44, trazemos as categorias e subcategorias que emergiram a partir da análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do QA, abordando os conceitos de superposição, timbre, altura e intensidade do som.

**Quadro 44:** Categorias e subcategorias emergidas da análise das respostas do QA, referentes às perguntas 1 a 4, respondidas pelos alunos A4, A6 e A15 do Grupo 6.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO	COD.
Definição do conceito de timbre (DT)	-	-	-

Relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição (RTS)	Superposição diferencia os timbres (Sdt)	“A <b>superposição diferencia os tipos de timbre</b> [...]”	[RESP1/A6 – G6] – RTS – Sdt
Diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes (DNI)	Cada instrumento possui um timbre característico (Cite)	“[...] o timbre distingue o instrumento de acordo com seu formato [...] <b>cada instrumento tem um timbre</b> [...]”	[RESP2/A15 – G6] – DNI – Cite
	Timbre permite distinguir sons de mesma frequência por instrumentos diferentes (Tdsf)	“ <b>Porque o instrumento é diferente e por isso faz com que possa diferenciar o timbre</b> ”	[RESP2/A6 – G6] – DNI – Cite
	Timbre permite distinguir sons de mesma frequência por instrumentos diferentes (Tdsf)	“Porque o timbre está relacionado à forma de onda que nos <b>permite distinguir sons de mesma frequência</b> por instrumentos diferentes”	[RESP2/A4 – G6] – DNI – Tdsf
Diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora (DTI)	Timbre está ligado a frequência (Tlf)	“[...] <b>porque o timbre está ligada a frequência</b> ”	[RESP3/A6 – G6] – DTI – Tlf
	Intensidade está relacionado com a quantidade de energia e o timbre a oscilação sonoras e a altura (Ieta)	“[...] A <b>intensidade sonora está relacionado a quantidade de energia. Já o timbre, diz respeito a oscilações sonoras e a altura.</b> ”	[RESP3/A4 – G6] – DTI – Ieta
Diferença entre os conceitos de timbre e altura do som (DTA)	Altura está associada ao aumento do som (Aas)	“[...] Por que a <b>altura do som tem haver com aumentar</b> o som e não o timbre”	[RESP4/A6 – G6] – DTA – Adga
	Timbre está relacionado com as oscilações e altura do som com a frequência (Troaf)	“[...] <b>Timbre está relacionado com oscilações sonoras e a altura do som está relacionado com a frequência do som</b> ”	[RESP4/A4 – G6] – DTA – Troaf

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Nenhuma resposta pôde ser agrupada na categoria “definição do conceito de timbre”. Apenas a resposta do aluno A6 foi agrupada na categoria “relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição”. Para o estudante, o fenômeno da superposição diferencia os tipos de timbre ([RESP1/A6 – G6] – RTS – Sdt). É possível inferir que houve mudança na compreensão do estudante, uma vez que o MC-4 não apresenta que o timbre é o resultado da superposição de ondas.

Após análise foi possível agrupar três respostas na categoria “diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes”. Para os alunos A15 e A6 a

diferença do som da mesma nota tocada por instrumentos diferentes é justificada porque cada instrumento possui um timbre característico, como ilustrado no trecho “Porque o instrumento é diferente e por isso faz com que possa diferenciar o timbre” ([RESP2/A6 – G6] – DNI – Cite). É possível inferir que houve uma mudança positiva no pensamento dos estudantes, uma vez que o MC-4 não apresenta nenhuma proposição que relacione o timbre como a característica capaz de diferenciar o som da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes. Diferente dos dois estudantes, o aluno A4 afirma que o timbre permite distinguir sons de mesma frequência ([RESP2/A4 – G6] – DNI – Tdsf). Embora haja uma mudança na compreensão do aluno A4 comparada com as proposições do MC-4, é possível inferir que a compreensão desse estudante é limitada, uma vez que o timbre permite distinguir sons de mesma frequência e intensidade.

A categoria “diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora” apresenta duas subcategorias emergidas a partir das respostas dos alunos A6 e A4. Para o aluno A6, a diferença entre o conceito de timbre e intensidade sonora se dá porque o timbre está ligado a frequência (RESP3/A6 – G6] – DTI – Tlf). Enquanto que para o aluno A4 a intensidade sonora está relacionada à quantidade de energia, além de apresentar de forma inapropriada que o timbre diz respeito às oscilações sonoras e a altura ([RESP3/A4 – G6] – DTI – Ieta). É possível inferir que após a aplicação da pesquisa, o aluno A6 não conseguiu compreender que a característica relacionada com a frequência da onda é a altura do som. Além disso, pode-se afirmar que o aluno A4 apresenta uma mudança conceitual positiva, uma vez que o MC-4 não mostra que a intensidade sonora é proporcional à quantidade de energia transportada pela onda. Todavia, é necessário inferir que a compreensão do aluno A4 sobre o conceito de timbre é inapropriada.

Apenas as respostas dos alunos A6 e A4 foram classificadas na categoria “diferença entre os conceitos de timbre e altura do som”. Para o aluno A6, a diferença entre os conceitos de timbre e altura se dá porque a altura está associada ao aumento do som ([RESP4/A6 – G6] – DTA – Adga). É possível inferir que após a aplicação dos momentos, o aluno A6 ainda confunde o conceito de altura com o de volume. Já para o aluno A4 a altura do som está relacionada com a frequência ([RESP4/A4 – G6] – DTA – Troaf). É possível inferir que houve uma mudança da compreensão do estudante, uma vez que o MC-4 não associa os conceitos de altura do som e frequência.

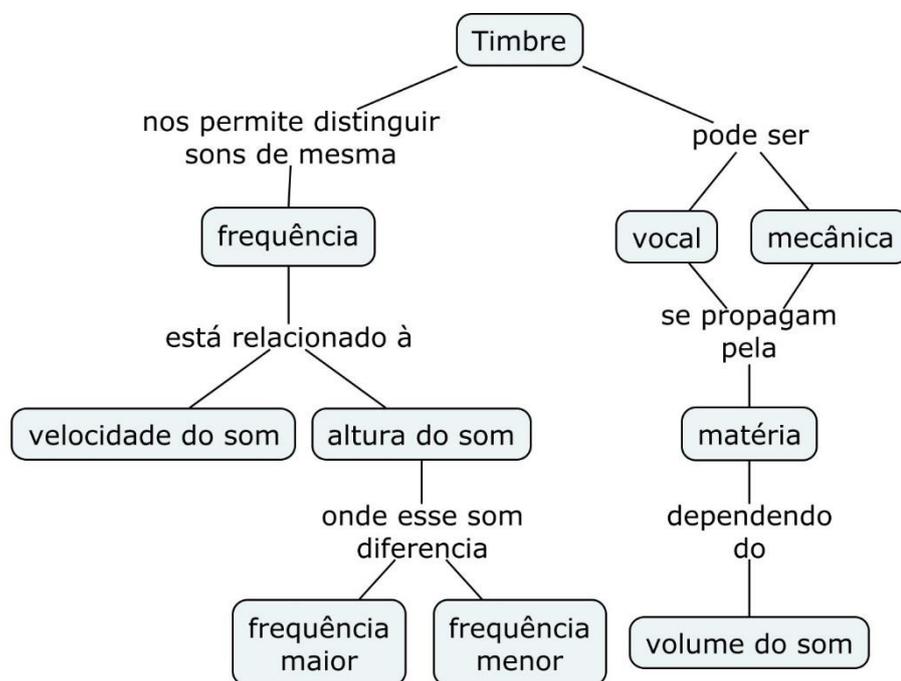
A partir das respostas do Grupo 6 é possível inferir que apenas os alunos A6 e A4 tiveram suas respostas presentes na maioria das categorias. A falta de capacidade de explicar e aplicar os conceitos em novas situações do estudante A15 é um indício de aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017). Essa inferência ganha mais força quando olhamos para o tipo de estrutura proporcional apresentada no MC-4, a qual apresenta uma estrutura linear que implica numa aprendizagem superficial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013).

### **6.2.7 Análise dos mapas conceituais produzidos pelo grupo 07**

#### **Análise do mapa conceitual colaborativo 1**

A elaboração do MC-1 ocorreu durante a etapa do processo da diferenciação progressiva, depois da aplicação da primeira situação-problema, por meio do processo de colaboração seguindo o modelo da construção colaborativa do conhecimento (FISCHER et al., 2002; CRESS; KIMMERLE, 2008; BALLETO, 2020), Figura 56.

**Figura 56:** Versão final do MC-1 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A13, A14, A17, A28, A29 e A38 do Grupo 7.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 7 - A13, A14, A17, A28, A29 e A38  
 VERSÃO: 01

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 1 original (Apêndice G24)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-1 se assemelha mais com a estrutura linear do que com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), o mapa não apresenta ligações cruzadas entre proposições. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-1 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de

diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-1 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 45.

**Quadro 45:** Classificação das proposições do MC-1 do grupo 7

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	nos permite distinguir sons de mesma	Frequência	INAPROPRIADA
Timbre	pode ser	Vocal	LIMITADA
Timbre	pode ser	Mecânica	LIMITADA
Frequência	está relacionado à	Velocidade	LIMITADA
Frequência	está relacionado à	Altura do som	LIMITADA
Vocal	se propagam pela	Matéria	LIMITADA
Mecânica	se propagam pela	Matéria	LIMITADA
Altura do som	onde esse som diferencia	Frequência menor	LIMITADA
Altura do som	onde esse som diferencia	Frequência maior	LIMITADA
Matéria	dependendo do	Volume do som	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após a análise desse primeiro mapa conceitual, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 1 é algo que nos permite distinguir sons de mesma frequência, além da possibilidade de ser vocal ou mecânica. A partir dessas proposições mais gerais, o Grupo 7 relaciona as próximas proposições com os conceitos de frequência, velocidade do som, altura do som, frequência maior, frequência menor, matéria e volume do som.

As proposições “*Timbre – pode ser – Vocal*”, “*Timbre – pode ser – Mecânica*”, “*Vocal – se propagam pela – Matéria*”, “*Mecânica – se propagam pela – Matéria*”, “*Altura do som – onde esse som diferencia – Frequência menor*”, “*Altura do som – onde esse som diferencia – Frequência maior*” e “*Matéria – dependendo do – Volume do som*” foram classificadas como limitadas, uma vez que o conteúdo das proposições não apresenta clareza semântica. Do mesmo modo, as proposições “*Frequência – está relacionado à – Velocidade*” e “*Frequência – está relacionado à – Altura do som*” foram

classificadas também como limitadas, mesmo que os termos de ligação façam sentido aparentemente. Entretanto as proposições formadas simplesmente com o termo de ligação “*está relacionada à*”, apenas apresentam que os conceitos estão relacionados de alguma forma, mas não mostra qual é a relação entre os conceitos. Além disso, todas as proposições não apresentam setas para indicar o sentido de leitura das proposições. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas as proposições classificadas como inapropriadas e apropriadas, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

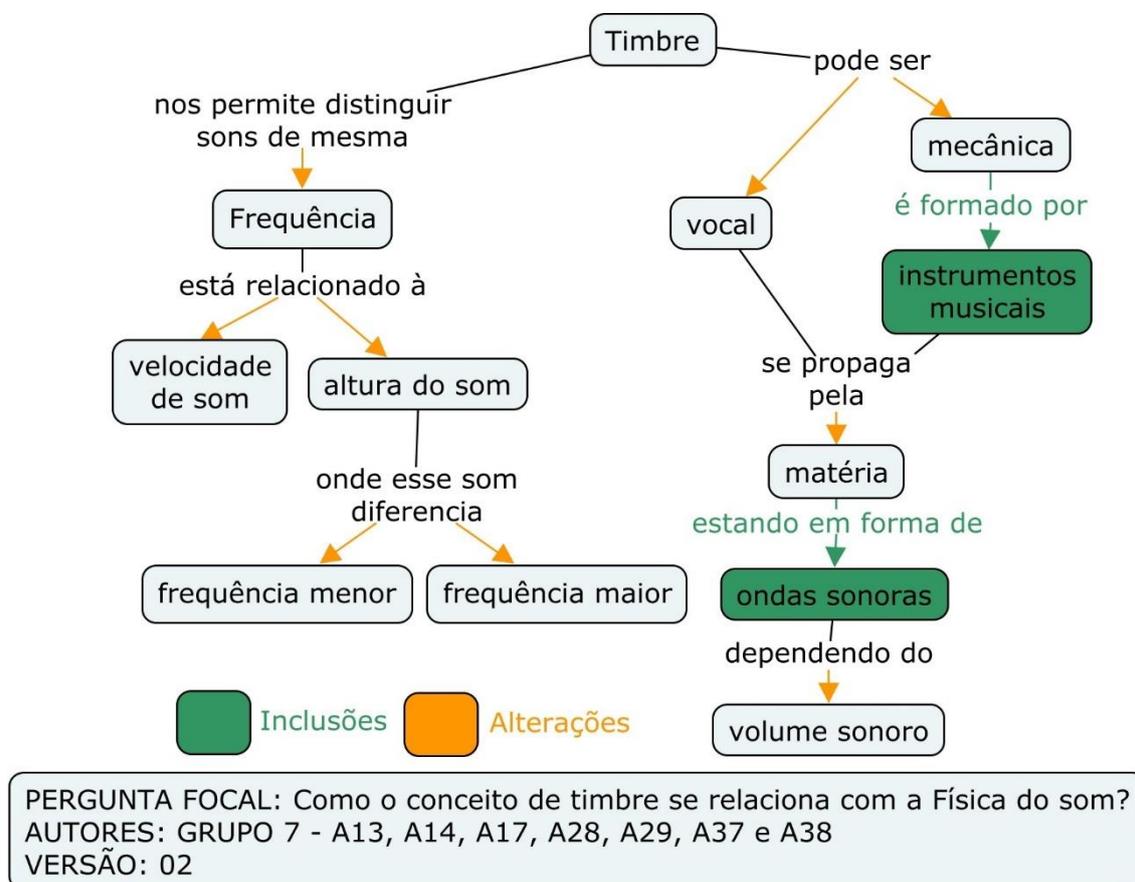
Mesmo faltando as setas para indicar o sentido da leitura, a proposição “*Timbre – nos permite distinguir sons de mesma – Frequência*” foi classificada como apropriada, porque o timbre é a qualidade que permite distinguir sons de mesma frequência, contudo a afirmação dos estudantes está incompleta, pois o timbre não só permite distinguir sons de mesma frequência, mas também sons de mesma intensidade.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 1 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Com a análise do MC-1 é possível identificar que o mapa se relaciona com os conceitos de timbre, frequência, velocidade do som, altura do som, frequência maior, frequência menor, matéria, volume do som e vocal. Além disso, é possível inferir que as proposições que relacionam o conceito de timbre com os conceitos de vocal e mecânica não são relevantes para responder à pergunta focal, caracterizando fuga parcial do tema. Temos que a partir da análise do MC-2 é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual não foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que os estudantes conseguiram fazer apenas uma proposição classificada como apropriada.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 2**

O MC-2 foi construído após um momento de colaboração entre os grupos, participando também o professor e o pesquisador. Dessa forma, cada grupo teve a oportunidade de apresentar e receber contribuições para a elaboração da versão final do MC-2, Figura 57.

**Figura 57:** Versão final do MC-2 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A13, A14, A17, A28, A29 e A38 do Grupo 7.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 2 original (Apêndice G25)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-2 continua a se assemelhar mais com a estrutura linear do que com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-2 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-2 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 46.

**Quadro 46:** Classificação das proposições do MC-2 do grupo 7

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	nos permite distinguir sons de mesma	Frequência	APROPRIADA
Timbre	pode ser	Vocal	LIMITADA
Timbre	pode ser	Mecânica	LIMITADA
Frequência	está relacionado à	Velocidade	LIMITADA
Frequência	está relacionado à	Altura do som	LIMITADA
Vocal	se propagam pela	Matéria	LIMITADA
Mecânica	é formado por	Instrumentos musicais	LIMITADA
Instrumentos musicais	se propaga pela	Matéria	LIMITADA
Altura do som	onde esse som diferencia	Frequência menor	LIMITADA
Altura do som	onde esse som diferencia	Frequência maior	LIMITADA
Matéria	estando em forma de	Ondas sonoras	LIMITADA
Ondas sonoras	dependendo do	Volume sonoro	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-2 permitiu identificar que o conceito de timbre para o Grupo 7 continua sendo algo que nos permite distinguir sons de mesma frequência, além da possibilidade de ser vocal ou mecânica. Após o processo de colaboração entre grupos, o mapa não apresenta muitas mudanças, apenas a inclusão de setas indicando o sentido de leitura das proposições e dois novos conceitos: instrumentos musicais e ondas sonoras.

As proposições “*Mecânica – é formado por → Instrumentos musicais*”, “*Ondas sonoras – dependendo do → Volume sonoro*” e “*Instrumentos musicais – se propaga*

*pela* → *Matéria*” foram classificadas como limitadas, visto que o conteúdo das proposições apresenta problemas de clareza semântica. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas a proposição classificada como inapropriada, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

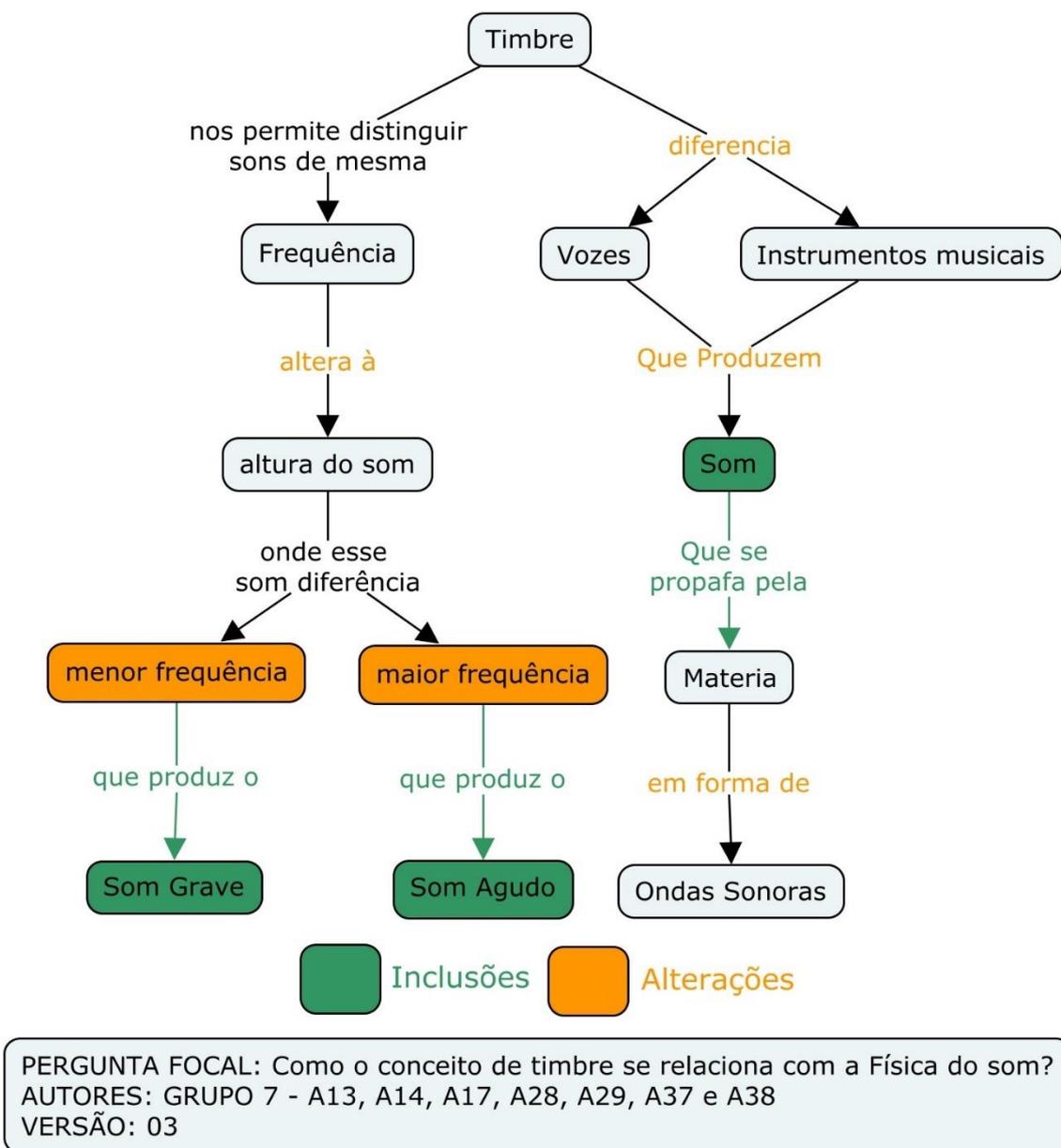
A proposição *"Timbre – nos permite distinguir sons de mesma – Frequência"* continua classificada como apropriada, porque o timbre é a qualidade que permite distinguir sons de mesma frequência, contudo a afirmação também continua incompleta, pois o timbre não só permite distinguir sons de mesma frequência, mas também sons de mesma intensidade.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 2 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Com a análise do MC-2 é possível identificar que o mapa conceitual continua se relacionando com os mesmos conceitos, apenas tendo adicionado mais dois: instrumentos musicais e ondas sonoras. Além disso, é possível inferir que as proposições que relacionam o conceito de timbre com os conceitos de vocal e mecânica não são relevantes para responder à pergunta focal, caracterizando fuga parcial do tema. Temos que a partir da análise do MC-2 é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual não foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que os estudantes conseguiram fazer apenas uma proposição classificada como apropriada.

### **Análise do mapa conceitual colaborativo 3**

O MC-3, Figura 58, foi construído logo após a aplicação da segunda situação-problema e o processo da reconciliação integradora, no qual foram trabalhadas as semelhanças e diferenças entre as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre do som) e os fenômenos da interferência e superposição de ondas sonoras.

**Figura 58:** Versão final do MC-3 reconstruído utilizando o software *Cmap Tools* com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A13, A14, A17, A28, A29 e A38 do Grupo 7.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 3 original (Apêndice G26)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que após a retirada de alguns conceitos, a estrutura do MC-3 continua a se assemelhar mais com a estrutura linear do que com a estrutura em rede, uma vez que as proposições são caracterizadas pelo encadeamento sequencial de conceitos (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas

relações entre os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-3 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHS. As proposições do MC-3 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 47.

**Quadro 47:** Classificação das proposições do MC-3 do grupo 7

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	nos permite distinguir sons de mesma	Frequência	APROPRIADA
Timbre	diferencia	Vozes	APROPRIADA
Timbre	diferencia	Instrumentos musicais	APROPRIADA
Frequência	altera à	Altura do som	INAPROPRIADA
Vozes	que produzem	Som	LIMITADA
Instrumentos musicais	que produzem	Som	LIMITADA
Som	que se propaga pela	Materia	LIMITADA
Altura do som	onde esse som diferença	Maior frequência	LIMITADA
Altura do som	onde esse som diferença	Menor frequência	LIMITADA
Materia	em forma de	Ondas sonoras	LIMITADA
Maior frequência	que produz o	Som agudo	LIMITADA
Menor frequência	que produz o	Som grave	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da análise do MC-3, notamos que o conceito de timbre para o Grupo 1 se mantém associado à característica que permite distinguir sons de mesma frequência. Após o processo da reconciliação integradora, o Grupo 7 deixa de fazer menção à

possibilidade do timbre ser vocal ou mecânico, ao mesmo tempo que relaciona o timbre como algo que permite diferenciar vozes e instrumentos musicais.

As proposições “*Altura do som – onde esse som diferencia → Frequência menor*” e “*Altura do som – onde esse som diferencia → Frequência maior*” não sofreram nenhuma alteração e continuam classificadas como limitadas. Já a proposição “*Materia – em forma de → Ondas sonoras*”, “*Vozes – que produzem → Som*”, “*Instrumentos – que produzem → Som*”, “*Som – que se propaga pela → Materia*”, “*Maior frequência – que produz o → Som agudo*” e “*Menor frequência – que produz o → Som grave*” mesmo após a mudança foi classificada como limitada, uma vez que seu termo de ligação continua a apresentar problemas de clareza semântica. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas a proposição classificada como inapropriada e apropriada, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

A proposição “*Frequência – altera à → Altura do som*” foi classificada como inapropriada, porque seu conteúdo diverge do conceito científico, uma vez a frequência não altera a altura do som, mas é a variável que define a altura do som.

A proposição “*Timbre – nos permite distinguir sons de mesma – Frequência*” continua classificada como apropriada, contudo, a afirmação está incompleta porque o timbre não só permite distinguir sons de mesma frequência, mas também sons de mesma intensidade.

As proposições “*Timbre – diferencia → Vozes*” e “*Timbre – diferencia → Instrumentos musicais*” foram classificadas como apropriadas, uma vez que o conteúdo das proposições converge com o conceito científico. As duas proposições apresentam de forma coerente umas das características do timbre, que é a capacidade de permitir a diferenciação de vozes e instrumentos musicais, uma vez que o timbre depende de forma macroscópica das características da fonte sonora, seja o formato das cordas vocais de uma pessoa ou as características físicas de um instrumento musical.

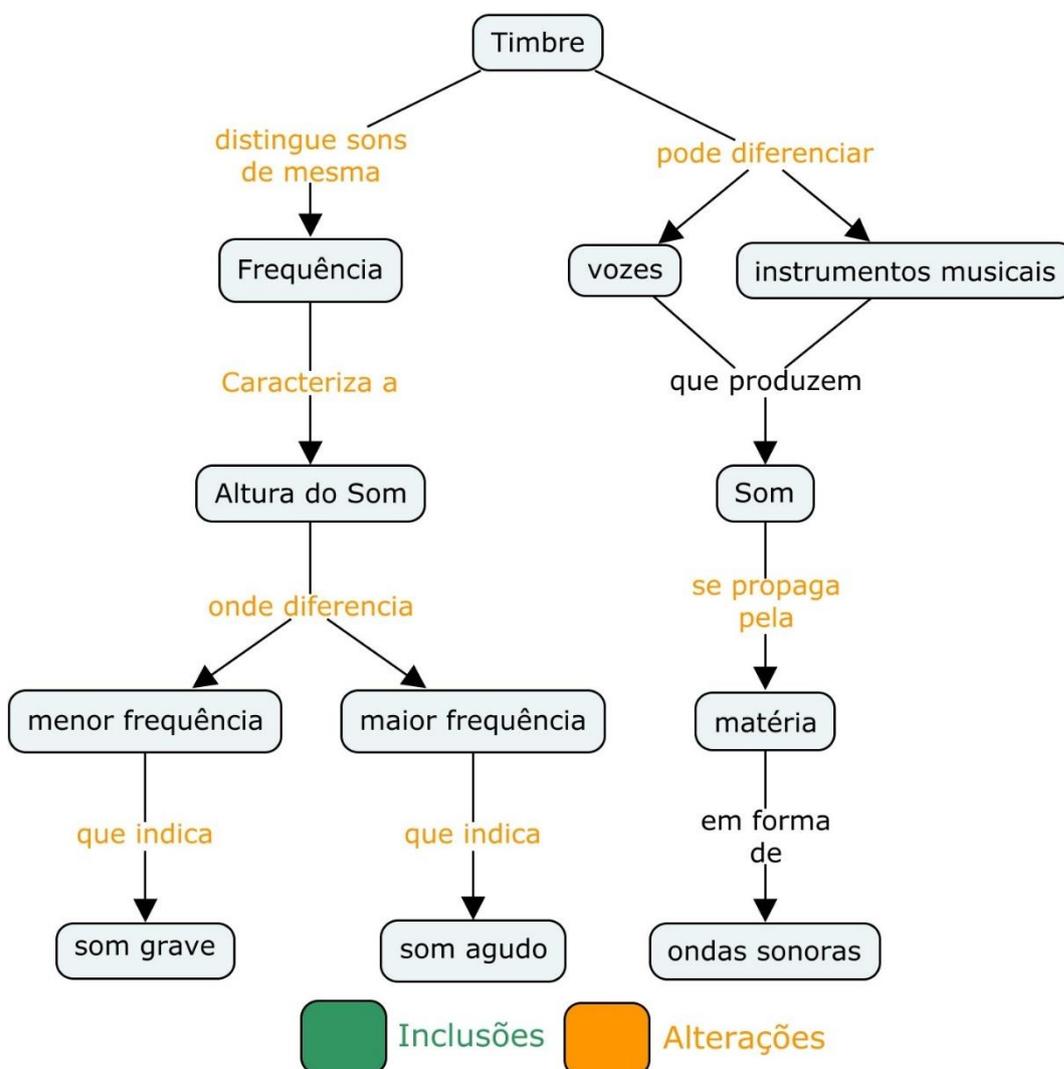
A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 3 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Com a análise do MC-3 é possível

identificar algumas mudanças relevantes, como o fato do Grupo 7 ter deixado de mencionar a característica do timbre de ser vocal ou mecânico para relacionar o timbre como algo que permite diferenciar vozes e instrumentos musicais. Além disso, é possível inferir que as proposições descritas no mapa conceitual são pertinentes à pergunta focal, portanto, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. Contudo, temos que a partir da análise do MC-3 é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual não foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que o Grupo 7 apenas conseguiu fazer três relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica de forma apropriada.

#### **Análise do mapa conceitual colaborativo 4**

A elaboração do MC-4 ocorreu durante a etapa do processo da reconciliação integradora após o momento de colaboração entre os grupos, Figura 59.

**Figura 59:** Versão final do mapa conceitual colaborativo 4 com a pergunta focal “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?”, elaborado pelos alunos A13, A14, A17, A28, A29 e A38 do grupo 7.



PERGUNTA FOCAL: Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?  
 AUTORES: GRUPO 7 - A13, A14, A17, A28, A29, A37 e A38  
 VERSÃO: 04

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) a partir do mapa conceitual colaborativo 4 original (Apêndice G27)

A primeira análise consiste na classificação da estrutura proposicional do mapa conceitual em radial, linear ou em rede. A análise permite inferir que a estrutura do MC-4 continua a se assemelhar mais com a estrutura linear do que com a estrutura em rede, pois mesmo rompendo com o encadeamento sequencial de conceitos ligados apenas imediatamente acima e abaixo (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000), sem a presença de ligações cruzadas. Esse tipo de estrutura de conhecimento caracteriza que o mapeador apresenta uma aprendizagem mais superficial, suficiente para criar novas relações entre

os conhecimentos sem abusar do conceito inicial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013), implicando numa aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

Além disso, analisando os processos cognitivos foi possível identificar que o MC-4 apresenta uma organização hierárquica que permitiu observar o processo de diferenciação progressiva, que é quando os conceitos vão sendo detalhados progressivamente. Por outro lado, ao olharmos para o mapa conceitual não é possível identificar o processo de reconciliação integradora, que é quando as semelhanças e diferenças entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais são destacadas (AIRES, 2017; CICUTO; CORREIA, 2012).

A segunda investigação consiste na análise das proposições do mapa conceitual, possibilitando a identificação das estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas - LIPHs. As proposições do MC-4 foram classificadas em proposições limitadas, inapropriadas ou apropriadas – Quadro 48.

**Quadro 48:** Classificação das proposições do MC-4 do grupo 7

CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	CLASSIFICAÇÃO DA PROPOSIÇÃO
Timbre	distingue sons de mesma	Frequência	APROPRIADA
Timbre	pode diferenciar	Vozes	APROPRIADA
Timbre	pode diferenciar	Instrumentos musicais	APROPRIADA
Frequência	caracteriza a	Altura do som	APROPRIADA
Vozes	que produzem	Som	LIMITADA
Instrumentos musicais	que produzem	Som	LIMITADA
Som	se propaga pela	Matéria	APROPRIADA
Altura do som	onde diferencia	Maior frequência	LIMITADA
Altura do som	onde diferencia	Menor frequência	LIMITADA
Matéria	em forma de	Ondas sonoras	LIMITADA
Maior frequência	que indica	Som agudo	LIMITADA
Menor frequência	que indica	Som grave	LIMITADA

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise do MC-4 permitiu identificar que após o momento de colaboração entre grupos, durante a etapa da reconciliação integradora, o conceito de timbre para o Grupo 6 se mantém associado à sua característica de permitir a diferenciação de sons na mesma frequência, bem como a capacidade do timbre de distinguir sons de instrumentos e vozes diferentes.

A proposição “*Matéria – em forma de → Ondas sonoras*” se manteve inalterada e continuou classificada como limitada. Já as proposições “*Altura do som – onde diferencia → Maior frequência*”, “*Altura do som – onde diferencia → Menor frequência*”, “*Vozes – que produzem → Som*”, “*Instrumentos musicais – que produzem → Som*”, “*Maior frequência – que indica → Som agudo*” e “*Menor frequência – que indica → Som grave*” sofreram alterações, contudo continuaram classificadas como limitadas, uma vez que seus termos de ligação apresentam problemas de clareza semântica, impedindo os leitores de identificar o significado real entre os conceitos destacados. Essa limitação é comum nos mapeadores iniciantes, uma vez que não estão familiarizados com a técnica de mapeamento conceitual (CONCEIÇÃO; CORREIA, 2020). Por esse motivo, analisou-se apenas a proposição classificada como inapropriada, visto que seu conteúdo semântico permite ser compreendido.

A proposição “*Timbre – distingue sons de mesma → Frequência*” continua classificada como apropriada, pois o conteúdo da proposição converge com o conceito científico. A proposição sofreu algumas mudanças no termo de ligação aumentando sua clareza, contudo a proposição continua incompleta porque o timbre não só permite distinguir sons de mesma frequência, mas também sons de mesma intensidade. Já proposição “*Som – se propaga pela → Matéria*” foi classificada como apropriada, uma vez que o conteúdo da proposição converge com o conceito científico. Entretanto, o Grupo 7 não afirma que a matéria que permite a propagação do som é o ar.

As proposições “*Timbre – pode diferenciar → Vozes*” e “*Timbre – pode diferenciar → Instrumentos musicais*” sofreram mudanças nos termos de ligação com a adição da palavra “pode” no começo da frase, essa mudança não fez com que as proposições deixassem de ser classificadas como apropriada, contudo, a palavra “pode” no início do termo de ligação gera uma ideia de incerteza, ou seja, o timbre pode ou não diferenciar vozes. Todavia, temos que o timbre permite que vozes sejam diferenciadas, juntamente com os instrumentos musicais. A proposição “*Frequência – caracteriza a → Altura do som*” também foi classificada como apropriada porque afirma que a frequência é a variável que caracteriza a altura do som.

A terceira análise consiste em observar se o conjunto da rede proposicional do mapa conceitual 4 responde à pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013) “Como o conceito de timbre se relaciona com a Física do som?” Com a análise do MC-4 é possível

identificar que apenas houve mudanças nos termos de ligação das proposições. Além disso, é possível inferir que as proposições descritas no mapa conceitual são pertinentes à pergunta focal, portanto, não foi possível identificar proposições que fugissem do tema. Contudo, temos que a partir da análise do MC-4 é possível inferir que o conjunto das proposições do mapa conceitual foi suficiente para responder à pergunta focal, uma vez que o Grupo 7 conseguiu fazer relações entre o conceito de timbre com outros conceitos da física acústica de forma apropriada.

A análise dos mapas conceituais colaborativos elaborados pelo grupo 7 permitiu observar uma mudança mais intensa do pensamento dos estudantes durante a elaboração dos dois primeiros mapas conceituais, tendo o MC-3 e o MC-4 mudanças mais focadas nos termos de ligação. Do mesmo modo, a partir da análise foi possível observar que os mapas conceituais apresentam o timbre como a característica que permite diferenciar vozes e instrumentos musicais, contudo o MC-4 não expressa que o timbre é a característica resultante do fenômeno da superposição de ondas, bem como não apresenta a característica que o timbre possui de permitir a distinção da mesma nota tocada por instrumentos diferentes, ou seja, é a qualidade que permite distinguir sons de mesma altura e intensidade.

### **Análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do questionário aberto - Grupo 7**

O QA foi aplicado durante a oitava etapa da aplicação da UEPS para avaliação somativa individual. No Quadro 49, trazemos as categorias e subcategorias que emergiram a partir da análise das respostas referentes às quatro primeiras perguntas do QA, abordando os conceitos de superposição, timbre, altura e intensidade do som.

**Quadro 49:** Categorias e subcategorias emergidas da análise das respostas do QA, referentes às perguntas 1 a 4, respondidas pelos alunos A14, A17, A28, A29 e A32 do Grupo 7.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO	COD.
Definição do conceito de timbre (DT)	Timbre é caracterizado pela composição de frequência (Tccf)	“O <b>timbre é caracterizado pela composição de frequência</b> [...]”	[RESP1/A17 – G7] – RTS – Tccf

	Timbre está associado a forma da onda que diferencia sons de mesma frequência (Tdsf)	“O <b>timbre está associado à forma da onda e nos permite distinguir sons de mesma frequência</b> , produzido por instrumento diferentes.”	[RESP1/A14/A28 – G7] – RTS – Tdsf
Relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição (RTS)	Timbre é alterado pela superposição (Tas)	“[...] <b>O timbre é alterado dependendo da superposição</b> [...]”	[RESP1/A29 – G7] – RTS – Tas
Diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes (DNI)	Timbre é único (Tu)	“[...] os <b>timbres são únicos</b> , mesmo fazendo a mesma nota musical [...]”	[RESP2/A29 – G7] – DNI - Tu
	A forma de onda permite distinguir sons de mesma frequência (Fdmf)	“A <b>forma de onda que nos permite distinguir sons da mesma frequência</b> , produzindo por instrumentos diferentes.”	[RESP2/A17 – G7] – DNI - Fdmf
	A mesma nota tocada por instrumentos diferentes possuem sons diferentes por causa do timbre (Ndt)	“A <b>diferença no timbre de diversos sons vem do fato de que as ondas sonoras possuem formatos diferentes</b> ”	[RESP2/32 – G7] – DNI – Ndt
Diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora (DTI)	Intensidade está relacionado com a quantidade de energia e o timbre a oscilação sonoras e a altura (Ieta)	“A <b>intensidade sonora é a quantidade de energia</b> que o som é capaz de transportar. E o <b>timbre é a formato das oscilações sonoras e a altura.</b> ”	[RESP3/A17/A14 /35 – G7] – DTI – Ieta
Diferença entre os conceitos de timbre e altura do som (DTA)	Altura relação entre o som grave e agudo (Aga)	“[...] <b>altura que diz respeito dos sons agudos e graves</b> ”	[RESP4/A17 – G7] – DTA – Aga

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A partir da análise das respostas do Grupo 7 foi possível agrupar três respostas na primeira categoria “definição do conceito de timbre”. Para o aluno A17, o timbre é caracterizado pela composição de frequência ([RESP1/A17 – G7] – RTS – Tccf). É possível inferir que após a sequência de ensino, o aluno A17 não conseguiu compreender que o timbre não é uma composição de frequência, mas sim, uma característica que resulta do fenômeno da superposição de ondas sonoras. Tanto o aluno A14 quanto o aluno A28 responderam da mesma forma, conforme o trecho “O **timbre está associado à forma da onda e nos permite distinguir sons de mesma frequência**, produzido por instrumentos diferentes” ([RESP1/A14/A28 – G7] – RTS – Tdsf). É possível inferir que mesmo após momentos de intervenção, os alunos A14 e A28 tiveram dificuldades de compreender que

o timbre não só distingue notas musicais de mesma frequência, mas também de mesma frequência e intensidade.

A categoria “relação entre o conceito de timbre e o fenômeno da superposição” agrupa apenas a resposta do aluno A29. Para esse estudante, “[...] **O timbre é alterado dependendo da superposição [...]**” ([RESP1/A29 – G7] – RTS – Tas). A resposta do estudante está mal elaborada, sendo possível afirmar que o timbre não é alterado dependendo da superposição, mas a superposição das ondas forma diferentes timbres característicos, únicos para cada instrumento musical. É possível inferir que houve uma mudança positiva do pensamento do aluno A29 comparando com o MC-4, uma vez que o mapa conceitual não apresenta que o timbre está relacionado de alguma forma com o fenômeno da superposição.

A categoria “diferenciação da mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes” engloba três respostas. Para o aluno A29, “[...] **os timbres são únicos**, mesmo fazendo a mesma nota musical [...]” ([RESP2/A29 – G7] – DNI - Tu). É possível inferir que houve uma mudança positiva no pensamento do estudante, uma vez que o MC-4 não apresenta que o timbre é uma característica única de cada instrumento musical. O aluno A17 apresenta uma resposta divergente do conhecimento científico, afirmando que a forma de onda permite distinguir sons de mesma frequência ([RESP2/A17 – G7] – DNI - Fdmf). É possível inferir que mesmo após a intervenção, o aluno A17 ainda apresenta dificuldade de compreender que o timbre não só distingue notas musicais de mesma frequência, mas também de mesma frequência e intensidade. Já para o aluno A32, “**A diferença no timbre de diversos sons vem do fato de que as ondas sonoras possuem formatos diferentes**” ([RESP2/32 – G7] – DNI – Ndt). É possível inferir que o aluno A32 não conseguiu relacionar que esse “formato de onda diferente” é a característica que chamamos de timbre.

A categoria “diferença entre os conceitos de timbre e intensidade sonora” engloba duas respostas. Tanto o aluno A14 quanto o aluno A17 responderam da mesma forma, conforme o trecho “**A intensidade sonora é a quantidade de energia** que o som é capaz de transportar. E o **timbre é o formato das oscilações sonoras e a altura**” ([RESP3/A14/A17/35 – G7] – DTI – Ieta). É possível inferir que os estudantes conseguiram compreender que a intensidade sonora é proporcional a quantidade de energia transportada pela onda. Contudo, os alunos também afirmam, de forma

inapropriada, que o timbre é o formato das oscilações e a altura, uma vez que o timbre é o resultado do fenômeno da superposição.

Por fim, temos que a categoria “diferença entre os conceitos de timbre e altura do som” apresenta uma única resposta. Para o aluno A17, a “[...] **altura que diz respeito dos sons agudos e graves**” ([RESP4/A17 – G7] – DTA– Aga). É possível inferir que o aluno A17 relaciona de forma apropriada que o conceito de altura está relacionado com os sons graves e agudos. Entretanto, o estudante não relaciona que a frequência caracteriza o som grave e agudo, indo de encontro com o MC-4 que apresenta a relação apropriada, afirmando que a menor frequência indica o som grave e a maior frequência indica o som agudo.

A partir das respostas do Grupo 7 é possível inferir que as respostas do aluno A17 foram agrupadas na maioria das categorias. A falta de capacidade de explicar e aplicar seus conhecimentos em novas situações, pela maioria dos estudantes, e as contradições identificadas na resposta do aluno A23, são indícios de aprendizagem mecânica, a qual é marcada pela memorização de conceitos de forma arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017). Essa inferência ganha mais força quando olhamos para o tipo de estrutura proporcional apresentada no MC-4, a qual apresenta uma estrutura linear que implica numa aprendizagem superficial (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; AGUIAR; CORREIA, 2013).

### 4.3 VERIFICAÇÃO DE CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DA UEPS PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

De modo a verificar as contribuições e limitações destacadas pelos estudantes, realizamos a análise das respostas referentes às perguntas 5 a 10 do QA. A investigação foi realizada utilizando as etapas da análise de conteúdo, segundo Bardin (2016).

#### 4.3.1 Contribuições do processo de aplicação

A partir da análise das respostas foi possível identificar contribuições da UEPS para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica. No Quadro 50 são apresentadas as contribuições emergidas a partir das respostas referentes às perguntas 5 a

7 do QA, bem como as categorias, subcategorias e unidades de contexto/registo emergidos.

**Quadro 50:** Categoria e subcategorias identificadas na análise das respostas, referentes às das perguntas 5 a 7 do QA.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO	COD.
Contribuições da primeira situação-problema (C1SP)	Proporciona o debate (Pd)	“Porque o assunto foi debatido”	[RESP5/A16 - G1] - C1SP - Pd
	Proporciona a reflexão (Pr)	“Ajudou sim, porque fez a sala <b>pensar de uma maneira "fora da caixa"</b> sobre o que é o som e seus conceitos”	[RESP5/A26 - G3] - C1SP - Pr
Contribuições da segunda situação-problema (C2SP)	Proporciona o debate (Pd)	“Sim, pos <b>o assunto foi discutido</b> ”	[RESP6/A9 - G1] - C2SP - Pd
		“Sim, <b>pois vi diferentes opiniões</b> ”	[RESP6/A16 - G1] - C2SP - Pd
Contribuições da utilização dos mapas conceituais (CUMC)	Ajuda a relacionar os conceitos (Arc)	“Sim, pois <b>relacionou os conceitos</b> ajudando no nosso entendimento”	[RESP7/A9 - G1] - CUMC - Arc
		“Sim, já que ele <b>associa os conceitos relacionado a pergunta focal</b> de maneira fácil, prático e resumida”	[RESP7/A16 - G1] - CUMC - Arc
	Melhora a organização (Mor)	“Sim, por conta de uma <b>melhor organização</b> do assunto (conteúdo)”	[RESP7/A34 - G3] - CUMC - Mor
	Facilita a aprendizagem (Fap)	“Sim, <b>foi um modo de entender melhor sobre o assunto</b> , nunca tinha feito um mapa conceitual”.	[RESP7/A23 - G5] - CUMC - Fap
		“Com <b>o mapa de certa maneira ajuda a entender de uma maneira mais rápida</b> ”	[RESP7/A17 - G4] - CUMC - Fap
		“Sim, <b>porque fica mais fácil de compreender o assunto</b> [...], a utilização de mapas conceituais é um metodo muito bom dá pra aplicar em outros conteúdos também”	[RESP7/A36 - G3] - CUMC - Fap

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A categoria “contribuições da primeira situação-problema” engloba as subcategorias “proporciona o debate” e “proporciona a reflexão”. Já a categoria “contribuições da segunda situação-problema” apresenta apenas a subcategoria “proporciona o debate”. É possível inferir que tanto a primeira, quanto a segunda situações-problema cumpriram seus objetivos de servir como organizadores prévios, promovendo um ambiente de debate e reflexão, de modo, a auxiliar os estudantes a relacionar seus subsunçores com as novas informações, a fim de proporcionar uma interação de forma não-arbitrária e substancial (MASINI; MOREIRA, 2017; MOREIRA, 2017). De modo a contribuir para uma aprendizagem significativa crítica, uma vez que

segundo o princípio do conhecimento prévio, o indivíduo só é capaz de ser crítico quando ele atribui significado aquilo ao qual está aprendendo (MOREIRA, 2010).

Além disso, de acordo com o princípio da interação social e do questionamento da teoria da aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2005), é possível afirmar que as situações-problema promoveram uma participação mais ativa dos estudantes, tirando o professor do centro do processo de ensino e colocando os estudantes como protagonistas do processo, de modo, a facilitar uma aprendizagem significativa e crítica dos estudantes, conforme observado no trecho “Ajudou sim, porque fez a sala **pensar de uma maneira "fora da caixa"** sobre o que é o som e seus conceitos” ([RESP5/A26 - G3] - C1SP - Pr).

A categoria “contribuições da utilização dos mapas conceituais” engloba as subcategorias “ajuda a relacionar os conceitos”, “melhora a organização” e “facilita a aprendizagem”. É possível conferir que a utilização dos mapas conceituais auxiliou os estudantes no processo de aprendizagem, ajudando a relacionar os conceitos, melhorando a organização e facilitando a aprendizagem, como ilustrado no trecho “Sim, por conta de uma **melhor organização** do assunto (conteúdo)” ([RESP7/A34 - G3] - CUMC - Mor). Esses resultados podem ser explicados porque os mapas conceituais são ferramentas úteis para representar o conhecimento (AGUIAR; CORREIA, 2013), auxiliando os estudantes em processos cognitivos que são fundamentais para atribuição de significado, como o processo da diferenciação progressiva e reconciliação integradora (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2012).

Além disso, com base no princípio do aprendiz como perceptor/representador da TASC é o estudante (perceptor) que decide como representar em sua mente os novos conhecimentos, partindo daquilo que sua experiência passada (conhecimentos prévios) sugere como melhor representação, a que faz mais sentido (MOREIRA, 2005). Dessa forma, temos que os mapas conceituais são ferramentas que podem ajudar o estudante no processo de representação do conhecimento, uma vez que é o estudante que decide quais são os conceitos, termos de ligação e qual é a hierarquia dos conceitos ao construir o mapa conceitual.

Do mesmo modo, os mapas conceituais auxiliam no processo de negociação de significados entre o professor e os estudantes, no qual o professor ao observar a rede de proposições presentes no mapa conceitual pode propor correções e contribuições para o

entendimento do aluno, sendo uma das evidências de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2017).

No Quadro 51 são apresentadas as contribuições emergidas a partir das respostas referentes às perguntas 8 a 10 do QA, bem como as categorias, subcategorias e unidades de contexto/registo emergidos.

**Quadro 51:** Categoria e subcategorias identificadas na análise das respostas, referentes às das perguntas 8 a 10 do QA.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO	COD.
Contribuições da oportunidade de refazer os mapas conceituais (CORMC)	Aprendizagem a partir da correção do erro (Ace)	“Na minha opinião, é bom refazer pelo <b>fato que podemos aprender com o erro passado e refazer da maneira certa</b> ”	[RESP8/A35 - G4] - CORMC - Ace
		“muito interessante pois ajuda a <b>aprendermos com nossos erros</b> ”	[RESP8/A9 - G1] - CORMC - Ace
	Proporciona a interação entre os membros da equipe (Pim)	“Bom, pois ajuda a vermos os erros cometidos na construção dos mapas conceituais <b>além da interação do trabalho em equipe</b> ”	[RESP8/A16 - G1] - CORMC - Pim
		“muito legal, foi <b>uma forma de nós nos ajudarmos</b> ”	[RESP8/A18 - G2] - CORMC - Pim
Contribuições da UEPS no geral (CUEPSG)	Ajuda a fixar o conteúdo (Afc)	“[...] <b>ajuda a fixar o assunto discutido de maneira prática e descontraída</b> ”	[RESP9/A16 - G1] - CUEPSG - Afc
	Utilização diversificada de materiais didáticos (Udm)	“As vantagens foi que nós podemos <b>entender novas assuntos de formas diferentes</b> ”	[RESP9/A23 - G5] - CUEPSG - Udm
	Promove o dinamismo da aula (Pda)	“ <b>Fez a aula ficar mais dinâmica; diferente</b> ”	[RESP9/A4 - G6] - CUEPSG - Pda
	Promove cooperação mútua (Pcm)	“ <b>A participação em grupo, pois várias mentes pensam junto corrigindo erros ou melhorando ideias dos companheiros</b> ”	[RESP9/A29 - G7] - CUEPSG - Pcm

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A categoria “contribuições da oportunidade de refazer os mapas conceituais” engloba a subcategoria “aprendizagem a partir da correção do erro”, conforme a resposta do aluno A35: “Na minha opinião, é bom refazer pelo **fato que podemos aprender com o erro passado e refazer da maneira certa**” ([RESP8/A35 - G4] - CORMC - Ace). Dialogando com a resposta do estudante, temos que um dos princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica é a aprendizagem pelo erro, é normal errar e é da natureza humana aprender corrigindo seus erros (MOREIRA, 2010). Além disso,

segundo Moreira (2011), a UEPS deve proporcionar uma avaliação recursiva, a qual permita que o estudante refaça suas atividades e aprenda consertando seus próprios erros.

A categoria “contribuições da UEPS no geral” apresenta as subcategorias “ajuda a fixar o conteúdo”, “utilização diversificada de materiais didáticos”, “promove o dinamismo da aula”, “promove cooperação mútua”. A primeira subcategoria apresenta a resposta do aluno A16 que afirma que a UEPS “[...] **ajuda a fixar o assunto discutido de maneira prática e descontraída**” ([RESP9/A16 - G1] - CUEPSG - Afc). É possível inferir que a resposta do aluno A16 remete a retenção do conhecimento, de acordo com Moreira (2012), o indivíduo que aprende de forma significativa consegue reter os conceitos por mais tempo em sua estrutura cognitiva.

As subcategorias “utilização diversificada de materiais didáticos”, “promove o dinamismo da aula” e “promove cooperação mútua” são consequência de dois princípios da aprendizagem significativa crítica: o princípio da não utilização do quadro e giz e o princípio do abandono da narrativa. Moreira (2005) afirma que o professor ao utilizar menos o quadro e giz, ou pilotos coloridos, é estimulado a utilizar outras formas de ensino, como mapas conceituais e atividades colaborativas em grupos, promovendo o dinamismo na sala de aula, a cooperação mútua para resolver problemas, realizando atividades que tenha discussão, explicação, negociação de significados, ao mesmo tempo que os estudantes recebem e fazem críticas, conforme ilustrado no trecho da subcategoria “promove cooperação mútua”: “**A participação em grupo, pois várias mentes pensam junto corrigindo erros ou melhorando ideias dos companheiros**” ([RESP9/A29 - G7] - CUEPSG - Pcm).

#### **4.3.2 Limitações do processo de aplicação**

A partir da análise das respostas foi possível identificar limitações da UEPS para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica. No Quadro 52 são apresentadas as limitações emergidas a partir das respostas referentes às perguntas 5 a 10 do QA, bem como as categorias, subcategorias e unidades de contexto/registo emergidos.

**Quadro 52:** Categoria e subcategorias emergidas a partir da análise das respostas referentes às perguntas 5 a 10 do QA.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO/REGISTRO	COD.
Limitações da primeira situação-problema (L1SP)	-	-	-
Limitações da segunda-situação problema (L2SP)	-	-	-
Limitações da utilização dos mapas conceituais (LUMC)	Atividade repetitiva (Arp)	“não, <b>Pois foi algo muito repetitivo</b> ”	[RESP7/A24 - G1] - LUMC - Arp
	Atividade decorativa (Ad)	“não, <b>foi algo muito decorativo</b> ”	[RESP7/A8 - G1] - LUMC - Ad
Limitações da oportunidade de refazer os mapas conceituais (LORMC)	Atividade repetitiva (Arp)	“No começo gostei mas de um tempo se <b>torna repetitivo</b> ”	[RESP8/A22 - G4] - LORMC - Arp
		“não gostei, pois foi algo <b>muito repetitivo</b> ”	[RESP8/A8 - G1] - LORMC - Arp
Limitações da UEPS no geral (LUEPSG)	Complexidade dos mapas conceituais (Cmc)	“os <b>mapas conceituais porque são muitos complicados</b> ”	[RESP10/A11 - G2] - LUEPSG - Cmc
	Tempo insuficiente (Ft)	“A falta de tempo, lá que muitos dos mapas feitos, tinham de deixar errado <b>por não dar tempo de correção</b> ”	[RESP10/A11 - G7] - LUEPSG - Ft

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

As categorias “limitações da primeira situação-problema” e “limitações da segunda situação-problema” não apresentaram respostas. Já a categoria “limitações da utilização dos mapas conceituais” apresenta as subcategorias “atividade repetitiva” e “atividade decorativa”. Como também a categoria “limitações da oportunidade de refazer os mapas conceituais” apresenta a subcategoria “atividade repetitiva”. É possível inferir que alunos como A8, A22 e A24 tenham sido desmotivados pelo número de mapas conceituais que tiveram de produzir durante toda a intervenção, conforme ilustrado no trecho “No começo gostei mas de um tempo se torna repetitivo” ([RESP8/A22 - G4] - LORMC - Arp). Dessa forma, a UEPS apresenta uma limitação, uma vez que alguns estudantes se sentiram desmotivados, contribuindo para a decisão do estudante de não aprender de forma significativa, impossibilitando a promoção de criticidade (MOREIRA, 2005).

Na categoria “limitações da UEPS no geral” os estudantes destacaram como limitação a “complexidade dos mapas conceituais”. Uma possível explicação dessa

dificuldade, tenha sido o fato de que disponibilizamos um dia de formação sobre os parâmetros de um bom mapa conceitual. Além disso, o aluno A11 afirma que uma das limitações foi o tempo insuficiente para as produções dos mapas conceituais colaborativos ([RESP10/A11 - G7] - LUEPSG - Ft). É possível inferir que o estudante tenha achado pouco tempo por causa da falta de habilidade na construção dos mapas conceituais, remetendo a necessidade de promover uma formação com maior duração, sobre os parâmetros de um bom mapa conceitual.

Por fim, temos que a análise das respostas do questionário aberto permitiu identificar algumas contribuições e limitações da aplicação da UEPS para promoção de uma aprendizagem significativa crítica, a partir do reconhecimento de alguns de seus princípios facilitadores, propostos por Moreira (2005, 2010).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) são sequências de ensino baseadas, principalmente, em elementos fundamentais da teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Paul Ausubel, e da teoria da aprendizagem significativa crítica, proposta por Marco Antonio Moreira.

As UEPS se tornam uma estratégia relevante para estimular uma aprendizagem com significado, pois são construídas a partir de princípios facilitadores da aprendizagem significativa, como (I) ensinar a partir do que o aluno já sabe, (II) o desenvolvimento do processo da diferenciação progressiva e do (III) processo da reconciliação integradora. Além disso, levar também em conta os princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica, como o princípio do conhecimento prévio, o princípio interação social e do questionamento, o princípio do aprendiz como perceptor/representador, o princípio da aprendizagem pelo erro, o princípio da não utilização do quadro e giz e o princípio do abandono da narrativa.

Dentro do contexto do ensino de acústica, particularmente, o ensino do conceito de timbre, temos a presença de um obstáculo cognitivo devido ao fato das ondas sonoras serem invisíveis, necessitando de modelos mentais para interpretação dos fenômenos, o que dificulta sua aprendizagem, mesmo sendo um fenômeno muito presente do cotidiano dos estudantes. Além disso, o timbre não é uma característica simples de compreender, pois é o resultado de um fenômeno, a interferência de ondas sonoras, ou seja, a superposição de ondas.

Nesse contexto, esta pesquisa se propôs a responder quais as contribuições e limitações de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica sobre o conceito de timbre do som?

Para responder a essa pergunta, buscamos investigar as contribuições e limitações de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica, no que tange o ensino do conceito de timbre do som.

Inicialmente, buscamos identificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados com o conceito de timbre, de modo, a levar em conta esses conhecimentos na construção da UEPS. Com base na análise dos conhecimentos prévios, foi possível inferir que não foram identificados subsunçores, ligados diretamente, com a superposição de ondas ou com o conceito de timbre do som. Entretanto, foi possível identificar que emergiram subsunçores que poderiam servir como âncora para a aprendizagem dos conceitos de altura e intensidade sonora pelos estudantes.

Posteriormente, buscamos analisar os processos da diferenciação progressiva e reconciliação integradora, bem como as mudanças na representação do conceito de timbre do som, a partir da construção de mapas conceituais colaborativos, e a identificação de indícios de aprendizagem significativa, em sete grupos distintos.

A partir da análise foi possível identificar que todos os mapas conceituais colaborativos apresentaram os processos de diferenciação progressiva, menos o MC-1 do Grupo 5 que apresenta uma estrutura radial de proposições. De forma divergente, não foi possível notar os processos de reconciliação integradora em nenhum mapa conceitual construído.

A análise dos mapas conceituais colaborativos do Grupo 1 indica uma compreensão mais profunda sobre o tema, implicando numa aprendizagem significativa, como aponta a organização proposicional do MC-3 com uma estrutura em rede. Além disso, a avaliação somativa individual permitiu inferir que os estudantes apresentaram respostas organizadas e com justificativas pertinentes, mesmo com algumas concepções alternativas, sendo possível identificar um dos indícios de aprendizagem significativa que é a capacidade de explicar e aplicar os conhecimentos em novas situações.

A análise dos mapas conceituais colaborativos do Grupo 2 indica uma compreensão mais superficial sobre o tema, implicando numa aprendizagem mecânica, como aponta a organização proposicional do MC-4 com uma estrutura linear. Além disso, a partir da avaliação somativa individual foi possível inferir que dos quatro integrantes do grupo, apenas um estudante respondeu todas as perguntas do QA. Essa falta de

capacidade de explicar e aplicar os conhecimentos em novas situações também é um indício de aprendizagem mecânica.

A análise dos mapas conceituais colaborativos do Grupo 3 indica uma compreensão mais superficial sobre o tema, implicando numa aprendizagem mecânica, como aponta a organização proporcional do MC-4 com uma estrutura linear. Temos que a avaliação somativa individual permitiu identificar muitas contradições entre as respostas dos estudantes e as proposições do MC-4. Além disso, mesmo o grupo possuindo cinco membros, os estudantes apresentam poucas respostas. Essas contradições e a falta da capacidade de explicar e aplicar os conhecimentos em novas situações apontam uma memorização de conceitos, ou seja, uma aprendizagem mecânica.

A análise dos mapas conceituais colaborativos do Grupo 4 indica uma compreensão superficial sobre o tema, implicando numa aprendizagem mecânica, como aponta a organização proposicional do MC-4 com uma estrutura linear. A análise também identificou que não houve mudanças nas proposições dos três primeiros mapas conceituais colaborativos, tendo mudanças só após o momento de colaboração com outro grupo, indicando a memorização dos conceitos pelos membros do Grupo 4. Após a avaliação somativa individual, foi possível analisar que apenas dois estudantes conseguiram apresentar argumentos pertinentes nas respostas, enquanto outros dois não responderam a maioria das perguntas. A falta da capacidade de explicar e aplicar os conhecimentos em novas situações indicam uma memorização dos conceitos, ou seja, uma aprendizagem mecânica.

A análise dos mapas conceituais colaborativos do Grupo 5 permitiu observar mudanças intensas durante todo processo de construção dos mapas, destacando as mudanças em sua organização estrutural, passando pela estrutura radial, linear, em rede e voltando para linear. A estrutura linear do MC-4 indica uma compreensão mais superficial sobre os conceitos, implicando em uma aprendizagem mecânica. Além disso, a avaliação somativa individual possibilitou identificar que dos cinco membros do Grupo 5, apenas depois responderam o QA. Sendo possível identificar contradições nas respostas dos estudantes comparada com as proposições do MC-4. Essas contradições e

a falta da capacidade de explicar e aplicar os conhecimentos em novas situações indicam uma memorização dos conceitos, ou seja, uma aprendizagem mecânica.

A análise dos mapas conceituais colaborativos do Grupo 6 indica uma compreensão superficial sobre o tema, implicando numa aprendizagem mecânica, como aponta a organização proposicional do MC-4 com uma estrutura linear. Além disso, as mudanças apresentadas nos mapas conceituais foram superficiais, repetindo a maioria dos conceitos, excluindo algumas proposições e alterando alguns termos de ligação, mas sem implicar na mudança no conteúdo das proposições classificadas como inapropriadas. A avaliação somativa individual apresenta que dois dos quatro membros do grupo responderam às perguntas com argumentos pertinentes, enquanto que o aluno A27 não respondeu o QA e o aluno A15 deixou de responder várias perguntas. A falta da capacidade de explicar e aplicar os conhecimentos em novas situações é um indício que os alunos A15 e A27 apresentam uma aprendizagem mecânica.

A análise dos mapas conceituais colaborativos do Grupo 7 indica uma compreensão superficial sobre o tema, implicando numa aprendizagem mecânica, como aponta a organização proposicional do MC-4 com uma estrutura linear. A avaliação somativa individual mostra que apenas um estudante apresentou argumentos pertinentes, tendo suas respostas agrupadas na maioria das categorias emergidas, apesar do grupo ter sete integrantes. Além disso, foi possível identificar contradições entre as respostas dos estudantes do QA e as proposições do MC-4. Essas contradições e a falta da capacidade de explicar e aplicar os conhecimentos em novas situações indicam uma memorização dos conceitos, ou seja, uma aprendizagem mecânica.

Posteriormente, buscamos verificar as possíveis contribuições e limitações do processo de aplicação da UEPS para uma aprendizagem significativa crítica. A partir da análise foi possível identificar algumas contribuições. Segundo os estudantes, as situações-problema foram capazes de proporcionar o debate e a reflexão entre os membros dos grupos; a utilização dos mapas conceituais ajudou a relacionar os conceitos entre si, a melhorar a organização dos conceitos e facilitou a aprendizagem; a oportunidade de refazer os mapas conceituais proporcionou a aprendizagem a partir da correção do erro e a interação entre os membros do grupo; e no geral os estudantes

afirmaram que a UEPS ajudou a fixar o conteúdo, proporcionou a utilização diversificada de materiais didáticos, promoveu o dinamismo da aula e a cooperação mútua entre os membros do grupo.

Como também os estudantes apontaram algumas limitações. Segundo os estudantes, as situações-problema não apresentaram limitações; já a utilização dos mapas conceituais se tornou uma atividade repetitiva e decorativa; a oportunidade de refazer os mapas conceituais também se tornou uma atividade repetitiva; e no geral os estudantes apontaram a complexidade e o tempo insuficiente para produção dos mapas conceituais como limitações da UEPS.

Dessa forma, destaca-se que a pesquisa possibilitou investigar as contribuições e limitações de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica, no que tange o ensino do conceito de timbre do som, com estudantes da terceira série do Ensino Médio de uma escola estadual da região metropolitana do Recife.

Por fim, mesmo que os resultados da pesquisa tenham indicado como uma das contribuições da UEPS a cooperação mútua e mesmo utilizando-se do modelo de colaboração para a construção do mapa conceitual colaborativo 1, a pesquisa não buscou investigar a potencialidade do processo de colaboração para a construção dos conceitos físicos. Portanto, como pesquisas futuras indicamos a investigação das potencialidades do modelo de colaboração para o processo de ensino e aprendizagem na área de ensino de ciências.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. A. S. Relato da resistência à instituição da BNCC pelo Conselho Nacional de Educação mediante pedido de vista e declarações de votos. In: AGUIAR, Márcia Ângela da S.; DOURADO, Luís Fernandes. (Orgs). **A BNCC na contramão do PNE 2014-2024: avaliação e perspectivas**. [Livro Eletrônico]. Recife: ANPAE, 2018.

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.13, n.2, p.141-157, 2013.

AIRES, T. T. **Mapas conceituais e a prática reflexiva na formação de professores para o ensino de ciências e matemática**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, 2017.

ALBINO, A. C. A.; SILVA, A. F. BNCC e BNC de formação de professores: representando a formação por competências. **Revista Retratos da Escola**, v. 13, n. 25, p. 137-153, jan-mai. 2019.

ANDRÉ, W. C. S.; SILVA, I. M. Contribuições e limitações de sequências de ensino na forma de unidades de ensino potencialmente significativas: uma revisão sistemática da literatura. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 3, p. 270-290, dez. 2022.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Tradução: Lígia Teopisto. 1. ed. Lisboa: Plátano, 2003.

BALLEGO, R. S. **Desenvolvimento de uma atividade com mapas conceituais com erros para promover a aprendizagem colaborativa**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Faculdade e Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. BISCOLOLA, G. J. **Física, vol. 2: termologia, ondulatória, óptica**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2002. 144 p.

CALHEIRO, L. B., GARCIA, I. K. Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 177-192, 2014.

CALHEIRO, L. B., GARCIA, I. K. Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino

potencialmente significativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 177-192, 2014.

CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Relatório de Avaliação: Ensino**, 2017. Disponível em:

<<https://capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/relatorios-finais-quadrienal-2017/20122017-ENSINO-quadrienal.pdf>>. Acesso em 7 de outubro de 2020.

CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. Estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas em mapas conceituais: um ponto de partida pra promover a aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 3, n.1, p. 1-11, 2013.

CONCEIÇÃO, A. N.; CORREIA, P. R. M. Por que definir a pergunta focal dos mapas conceituais é importante? A identificação de mapas superficiais sem erros conceituais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.25, v.3, p. 471-486, 2020.

CONCEIÇÃO, M. O. T.; GRILLO, M. L. N.; BAPTISTA, L. R. P. L.; CONCEIÇÃO, V. R.; GSCHWEND, J. de F. **Uma proposta de utilização da acústica musical no ensino de física**. *Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2009.

CORREIA, P. R. M.; AGUIAR, J. G.; VIANA, A. D.; CABRAL, G. C. P. Por que vale a pena usar mapas conceituais no ensino superior? *Revista de Graduação USP*, v.1, n.1, jul. 2016.

CORREIA, P. R. M.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Expanded collaborative learning and concept mapping: A road to empowering students in classroom. In: Torres, P. L.; Marriott, R. C. V. **Handbook of research on collaborative learning using mapping**. Hershey: Information Science Reference, 2009, cap. 14, p. 283-300.

CORREIA, P.; CICUTO, C.; AGUIAR, J. (2013). Using novakian concept maps to foster peer collaboration in higher education. **Digital Knowledge Maps in Education**, 195–217.

CRESS, U.; KIMMERLE, J. A. A systemic cognitive view on collaborative knowledge Building with wikis. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 3, p. 105-122, 2008.

DILLENBOURG, P. *Orchestration graphs: modeling scalable education*. Lausanne: EPFL Press, 2015, p. 217.

FERREIRA, M., SILVA FILHO, O. L., MOREIRA, M. A., FRANZ, G. B., PORTUGAL, K. O., NOGUEIRA, D. X. P. Unidade de ensino potencialmente significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

FERREIRA, M.; ROCHA, L. V. S.; SILVA FILHO, O. L. Sequência didática para o ensino de acústica. **Physicae Organum**, v.5, n.1, p. 27-38, Brasília, 2019.

FISCHER, F.; BRUHN, J.; GRASEL, C.; MANDL, H. Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. **Learning and Instruction**, v.12, n.2, p. 213-232, 2002.

GHEDIN, E; FRANCO, M. A. S. **Questões de método na construção da pesquisa em educação**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HAMMEL, C., SANTOS, S. A., MIYAHARA, R. Y. Fragilidades e potencialidades das UEPS sob a perspectiva CTSA na formação continuada de professores de ciências e matemática. **Imagens da Educação**, v. 11, n. 3, p. 89-110, 2021.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HILGER, T. R., GRIEBELER, A. Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativo utilizando mapas conceituais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 199-213, 2013.

KINCHIN, I. M.; HAY, D. B.; ADAMS, A. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. **Educational Research**, v.42, n.1, p. 43-57, 2000.

LIMA, D. O., DAMASIO, F. O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico-epistemológico em uma unidade de ensino potencialmente significativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 818-840, dez. 2019.

LOUREIRO, M. A.; PAULA, H. B. **Timbre de um instrumento musical: caracterização e representação**. **Per Musi**, Belo Horizonte, n.14, p.57-81, 2006.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2013.

MARTINS, C. O., PARISOTO, M. F., HEIMFARTH, T., ZARA, R. A., LEONEL, A. A. O ensino de relatividade restrita no ensino médio a partir de uma unidade de ensino potencialmente significativa. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 1209-1214, 2017.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa na escola**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2017.

MENDES, J. G.; CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. Estudo sobre a estrutura gráfica dos mapas conceituais: em busca da aprendizagem significativa no ensino de ciências, 4., 2013, Águas de Lindóia. **Atas...** São Paulo, 2013. p. 1-8.

MERIEU, P. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MERLIM, R. S., SARAIVA, V. S. M., MENEGUELLI, D. C. S., MACHADO, C. H., CALDAS, R. L. Unidade de ensino potencialmente significativa: análise da aplicação sobre efeito fotoelétrico. **Revista Thema**, v.16, n. 2, p. 284-300, 2019.

MILANI, I. G.; ARTHURY, L. H. M. A introdução de temas em aulas de física: utilização das concepções prévias nos modelos de mudança conceitual e perfil conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 36, n. 2, p. 414-430, ago. 2019.

MONTEIRO JÚNIOR, F. N.; CARVALHO, W. L. P. O ensino de acústica nos livros didáticos de física recomendados pelo PNLEM: análise das ligações entre a física e o mundo do som e da música. **HOLOS**, v. 1, 2011.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa**. 2. ed. Porto Alegre: Instituto de Física, 2016.

MOREIRA, M. A. Al final, qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, v. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. 2010. **Instituto de Física da UFRGS**, 2010.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos - Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, Campo Grande, n. 21, p. 15-32, jun. 2006.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011b.

MOREIRA, M. A. Aprendizaje significativo crítico (Critical meaningful learning). **Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación**, nº 6, pp. 83-101, 2005.

MOREIRA, M. A. **Ensino e aprendizagem significativa**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 73-80, dez. 2018.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente signifivos – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011a.

MOURA, D. A.; BERNARDES NETO, P. O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Física na Escola**, v.12, n.1, 2011.

NOVAK, J. D. Meaningful learning: the essential fator for conceptual change in limite dor inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, p. 548-571, 2002.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan-jun. 2010.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 7. ed. Recife: Vozes, 2018.

OSTERMANN, F. CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PANTOJA, G. C. F., MOREIRA, M. A. Unidades de ensino potencialmente significativas em indução eletromagnética: um estudo sobre a conceitualização de estudantes de nível superior. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1420-1452, dez. 2021.

PARISOTO, M. F., MOREIRA, M. A., KILIAN, A. S. Efeito da aprendizagem baseada no método de projetos e na unidade de ensino potencialmente significativa na retenção do conhecimento: uma análise quantitativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 268-292, 2016.

POZO, J. I. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PSZYBYLSKI, R. F., MOTTA, M. S., KALINKE, M. A. Uma revisão sistemática sobre as pesquisas realizadas em programas de mestrado profissional que versam sobre a utilização de smartphones no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 406-427, ago. 2020.

QUEIROZ, L. R. S. Pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa. **Revista Claves**, João Pessoa, v.2, p.87-98, 2006.

RIBEIRO, R. J.; SILVA, S. C. R.; KOSCIANSKI, A. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, Belo horizonte, v. 14, n. 3, p. 167-183, set-dez. 2012.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar física**. 1. ed. São Paulo: Editora da Física, 2017.

SCHITTLER, D., MOREIRA, M. A. Física moderna e contemporânea no primeiro ano do ensino médio: laser de rubi um exemplo de unidade de ensino potencialmente significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 1-24, 2016.

SILVA, Y. A. R.; MONTANHA, L.; SIQUEIRA, M. R. P. Aceleradores e detectores de partículas no ensino médio: uma sequência de ensino-aprendizagem. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 2, p. xx, ago. 2020.

SPOHR, C. B., GARCIA, I. K., SANTAROSA, M. C. P. Identificando a evolução conceitual no ensino de eletromagnetismo, através de uma UEPS baseada num sistema de som automotivo gerador de energia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 3, p. 162-175, 2017.

STEFFANI, M. H. et al. “Vendo o som” com o uso das Novas Tecnologias de Informática e Comunicação. **ResearchGate**, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228817189\\_Vendo\\_o\\_som\\_com\\_o\\_uso\\_das\\_Novas\\_Tecnologias\\_de\\_Informatica\\_e\\_Comunicacao](https://www.researchgate.net/publication/228817189_Vendo_o_som_com_o_uso_das_Novas_Tecnologias_de_Informatica_e_Comunicacao)>. Acesso em: 01 set. 2021.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

**APÊNDICE A - ARTIGOS EXCLUÍDOS DA REVISÃO CONFORME OS  
CRITÉRIOS ESTABELECIDOS**

<b>Título</b>	<b>Referências</b>	<b>Critério</b>
Estatística na educação básica: proposta de uma sequência didática elaborada na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	Santos e Rosa (2021)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, com elementos lúdicos, como estratégia de ensino de genética	Oliveira, Angelo e Barbosa (2021)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
A utilização de organizadores prévios para o ensino de estequiometria: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa	Haupt, Raupp e Lavayen (2021)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidade de ensino potencialmente significativa para o estudo da água e poluição na perspectiva da educação ambiental crítica	Silva, Carvalho e Aquino (2021)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidade de ensino potencialmente significativa como elemento facilitador da aprendizagem de ciências biológicas no ensino médio	Correia e Guimarães (2020)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Modelos atômicos no ensino médio: uma unidade de ensino potencialmente significativa com ênfase em uma descrição epistemológica	Macedo, Pantoja e Moreira (2020)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre a Teoria de Conjuntos	Mendes, Santarosa e Camargo (2020)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Visão dos licenciandos em química sobre o uso das unidades de ensino potencialmente significativas	Moreira e Bertini (2020)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa por meio de experimentos com cinza de casca de arroz	Santos et al. (2019)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação para o ensino de Séries de Fourier	Konflanz (2019)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Investigando a implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre o conceito de Campo Magnético em disciplinas de Física Geral	Pantoja e Moreira (2019)	<b>CE2</b> , existe um artigo mais recente que discute os mesmos dados
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas: um estudo de caso sobre o tema célula / potentially meaningful teaching units: a case study on the cell theme	Brito e Gebara (2019)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (ueps): identificando tendências e possibilidades de pesquisa / potentially meaningful teaching units (pmtu): identifying trends and research possibilities	Souza e Pinheiro (2019)	<b>CE3</b> , o artigo se trata de uma revisão de literatura
Uma experiência didática com unidades de ensino potencialmente significativas para o tópico radiações ionizantes	Bortoli, Mesquita e Spíndola (2019)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
O estudo do espectro eletromagnético: o ensino através de uma sequência didática - UEPS / the study of the electromechanical spectrum: teaching through a teaching sequence – pmtu	Hammel, Miyahara e Santos (2019)	<b>CQ</b> , o artigo não apresenta resultados
Avaliação da aprendizagem dos conceitos de equilíbrio químico em uma ueps utilizando multimetodologias / assessment of the learning of chemical equilibrium concepts in a pmtus using multimethodologies	Beber e Kunzler (2019)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Uma proposta de avaliação diferenciada a partir de uma UEPS para o ensino de física no componente curricular de ciências do ensino fundamental	Machado e Dorneles (2019)	<b>CQ</b> , o artigo não apresenta o planejamento da UEPS

Citologia para estudantes surdos: uma unidade de ensino potencialmente significativa	Tavares (2018)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para o ensino de mitose e meiose	Thomaz, Heerdt e Lurk (2018)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
A utilização do jogo Angry Birds Space na aprendizagem de conceitos de lançamento de projéteis e de gravidade no ensino fundamental: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa	Freitas e Andrade Neto (2018)	<b>CQ</b> , o artigo é uma proposta de UEPS
A potentially meaningful teaching unit for the teaching of the concept of field in Physics	Pantoja e Moreira (2017)	<b>CE2</b> , existe um artigo mais recente que discute os mesmos dados
Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para as Estações do Ano	Pellenz e Giovannini (2017)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Elaboração e avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa para discutir conteúdos da termoquímica	Júnior e Silva (2017)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Aulas de Ciências pautadas nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas sobre o tema Água	Santos, Hygino e Marcelino (2017)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidade de ensino potencialmente significativa para a abordagem do sistema respiratório humano: estudo de caso	Rosa, Cavalcanti e Perez (2016)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Níveis de conhecimento esperados dos alunos: uma ferramenta na análise de questões utilizadas na avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)	Ribeiro e Souza (2016)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Unidades De Ensino Potencialmente Significativas Para O Corpo Humano No Ensino De Ciências	Nuncio (2016)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física
Uma aproximação entre modelagem matemática e unidades de ensino potencialmente significativas para a aprendizagem significativa: o caso das equações de diferenças	Borssoi e Almeida (2013)	<b>CII</b> , o artigo publicado não é da área de Física

**APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
(TCLE) PARA OS ESTUDANTES MAIORES DE IDADE OU EMANCIPADOS**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO<sup>1</sup>  
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)**

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa de mestrado: ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Wolney Cosme Silva André, residente na XXXXXX, Nº XXXX, Bairro: XXXXX, Cidade: XXXXXXXX – PE, CEP: XXXXX-XXX/e-mail: wolneycosme@gmail.com/celular: (81) 9XXXX-XXXX.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

Descrição da pesquisa:

**Justificativa**

Esta pesquisa visa contribuir para a área de Ensino de Física no Basil, de forma particular ao ensino da Física Acústica, no que diz respeito ao conceito de timbre do som. Este conceito é caracterizado pela literatura como um conceito de natureza abstrata. As sequências de ensino na forma de Unidades de Ensino Potencialmente Significativa visam contribuir para esse processo formativo, buscando proporcionar aos estudantes um ambiente favorável a aprendizagem.

**Objetivo**

Analisar a construção do conceito de timbre do som a partir da implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com estudantes do terceiro ano do ensino médio.

**Processo de coleta de dados**

---

<sup>1</sup> Este documento é uma adaptação do modelo disponibilizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – UFRPE conforme a Resolução 466/12.

Os sujeitos da pesquisa são estudantes matriculados regularmente na terceira série do Ensino Médio da Rede Estadual de Pernambuco. Os instrumentos de coleta de dados consistem na técnica de coleta de documentos, onde pretende-se coletar as produções dos estudantes (resolução das situações-problema, construção de mapas conceituais e um questionário avaliativo) ao longo da sequência de ensino, de forma colaborativa em grupos e individual. A avaliação dos produtos vai ocorrer de forma qualitativa, buscando acompanhar a construção do conceito de timbre do som. Além das situações-problema e os mapas conceituais, iremos aplicar um questionário semiaberto para saber a opinião dos estudantes sobre todo processo formativo.

➤ Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa.

**A participação do voluntário acontecerá no ambiente escolar, de forma presencial, no horário e durante as aulas da disciplina de Física da terceira série do Ensino Médio. O início das atividades estão previstas para iniciar dia 09/05/2022 e terminar dia 14/06/2022, totalizando 12 encontros de 100 mim cada.**

➤ RISCOS diretos para o voluntário (prejuízo, desconforto, constrangimento, lesões que podem ser provocados pela pesquisa).

Caso o estudante não queria participar das produções (resolução das situações-problema e construção dos mapas conceituais), por não gostar das estratégias para o ensino, ou sentir constrangido em fazer atividades colaborativas em grupo, ou ainda assim, não quiser por outros motivos, participar da pesquisa, poderá se sentir a vontade para **desistir sem nenhuma punição de nota ou de outra natureza pedagógica.**

➤ BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.

Os benefícios atrelados ao processo de ensino e aprendizagem por meio da utilização das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) estão vinculadas as contribuições de novas estratégias de ensino que facilitem a aprendizagem dos conceitos ligados ao de timbre do som. Conceito este que é apontado na literatura como um conceito abstrato. A utilização desta metodologia busca minimizar as dificuldades da abstração e a falta de motivação para acompanhar as aulas, bem como promover um processo de ensino que faça sentido para o estudante na sua realidade. Desse modo, as questões elencadas permitirão que os estudantes se beneficiem de um processo de ensino contextualizado e significativo.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa na forma de produtos educacionais como resoluções de situações-problemas e elaboração de mapas conceituais, como também respostas a um questionário de classificação sobre a intervenção, ficarão armazenados em pastas de arquivo e no computador pessoal, sob a responsabilidade da professora Dra. Ivoneide Mendes da Silva, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos.

---

(assinatura do pesquisador)

## CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO

(A)

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado pela pessoa por mim designada, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar da pesquisa de mestrado intitulada como ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Recife, \_\_\_\_/\_\_\_\_/2022

---

Assinatura do participante/responsável legal

**APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
(TCLE) PARA O RESPONSÁVEL PELO ESTUDANTE MENOR DE IDADE**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**

***TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO<sup>2</sup>*  
**(PARA RESPONSÁVEL LEGAL PELO MENOR DE 18 ANOS)****

Solicitamos a sua autorização para convidar o (a) seu/sua filho  
(a) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (ou menor que está sob sua responsabilidade) para participar, como voluntário (a), da pesquisa de mestrado intitulada como **ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA.**

Esta pesquisa é da responsabilidade do (a) pesquisador (a) Wolney Cosme Silva André, residente na XXXXXX, Nº XXXX, Bairro: XXXXX, Cidade: XXXXXXXX – PE, CEP: XXXXX-XXX/e-mail: wolneycosme@gmail.com/celular: (81) 9XXXX-XXXX.

O/a Senhor/a será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida a respeito da participação dele/a na pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e o/a Senhor/a concordar que o (a) menor faça parte do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento.

O/a Senhor/a estará livre para decidir que ele/a participe ou não desta pesquisa. Caso não aceite que ele/a participe, não haverá nenhum problema, pois desistir que seu filho/a participe é um direito seu. Caso não concorde, não haverá penalização para ele/a, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

➤ Descrição da pesquisa:

**Justificativa**

Esta pesquisa visa contribuir para a área de Ensino de Física no Basil, de forma particular ao ensino da Física Acústica, no que diz respeito ao conceito de timbre do som. Este conceito é caracterizado pela literatura como um conceito de natureza abstrata. As sequências de ensino na forma de Unidades de Ensino Potencialmente Significativa visam contribuir para esse processo formativo, buscando proporcionar aos estudantes um ambiente favorável a aprendizagem.

<sup>2</sup> Este documento é uma adaptação do modelo disponibilizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – UFRPE conforme a Resolução 466/12.

### **Objetivo**

Analisar a construção do conceito de timbre do som a partir da implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com estudantes do terceiro ano do ensino médio.

### **Processo de coleta de dados**

Os sujeitos da pesquisa são estudantes matriculados regularmente na terceira série do Ensino Médio da Rede Estadual de Pernambuco. Os instrumentos de coleta de dados consistem na técnica de coleta de documentos, onde pretende-se coletar as produções dos estudantes (resolução das situações-problema, construção de mapas conceituais e um questionário avaliativo) ao longo da sequência de ensino, de forma colaborativa em grupos e individual. A avaliação dos produtos vai ocorrer de forma qualitativa, buscando acompanhar a construção do conceito de timbre do som. Além das situações-problema e os mapas conceitos, iremos aplicar um questionário semiaberto para saber a opinião dos estudantes sobre todo processo formativo.

- Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa.

**A participação do voluntário acontecerá no ambiente escolar, de forma presencial, no horário e durante as aulas da disciplina de Física da terceira série do Ensino Médio. O início das atividades estão previstas para iniciar dia 09/05/2022 e terminar dia 14/06/2022, totalizando 12 encontros de 100 mim cada.**

- RISCOS diretos para o voluntário (prejuízo, desconforto, constrangimento, lesões que podem ser provocados pela pesquisa).

Caso o estudante não queria participar das produções (resolução das situações-problema e construção dos mapas conceituais), por não gostar das estratégias para o ensino, ou sentir constrangido em fazer atividades colaborativas em grupo, ou ainda assim, não quiser por outros motivos, participar da pesquisa, poderá se sentir a vontade para **desistir sem nenhuma punição de nota ou de outra natureza pedagógica.**

- BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.

**Os benefícios atrelados ao processo de ensino e aprendizagem por meio da utilização das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) estão vinculadas as contribuições de novas estratégias de ensino que facilitem a aprendizagem dos conceitos ligados ao de timbre do som. Conceito este que é apontado na literatura como um conceito abstrato. A utilização desta metodologia busca minimizar as dificuldades da abstração e a falta de motivação para acompanhar as aulas, bem como promover um processo de ensino que faça sentido para o estudante na sua realidade. Desse modo, as questões elencadas permitirão que os estudantes se beneficiem de um processo de ensino contextualizado e significativo.**

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do/a voluntário (a). Os dados coletados nesta pesquisa na forma de produtos educacionais como resoluções de situações-problemas e elaboração de mapas conceituais, como também respostas a um questionário de classificação sobre a intervenção, ficarão armazenados em pastas de arquivo e no computador pessoal, sob a responsabilidade da

professora Dra. Ivoneide Mendes da Silva, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos.

---

**Assinatura do pesquisador (a)**

**CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL PARA A PARTICIPAÇÃO  
DO/A VOLUNTÁRIO**

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, responsável por \_\_\_\_\_, autorizo a sua participação na pesquisa de mestrado intitulada como ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA, como voluntário(a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dele (a). Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de seu acompanhamento/ assistência/tratamento) para mim ou para o (a) menor em questão.

Recife, \_\_\_/\_\_\_/2022

**Assinatura do (da) responsável:** \_\_\_\_\_

**APÊNDICE D - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
(TALE) PARA OS ESTUDANTES MENORES DE IDADE**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**

**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO<sup>3</sup>  
(PARA MENORES DE 7 a 18 ANOS)**

***OBS: Este Termo de Assentimento para o menor de 7 a 18 anos não elimina a necessidade da elaboração de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que deve ser assinado pelo responsável ou representante legal do menor.***

Convidamos

\_\_\_\_\_ você

\_\_\_\_\_, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa de mestrado intitulada como: ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA.

Esta pesquisa é da responsabilidade do (a) pesquisador (a) Wolney Cosme Silva André, residente na XXXXXX, Nº XXXX, Bairro: XXXXX, Cidade: XXXXXXX – PE, CEP: XXXXX-XXX/e-mail: wolneycosme@gmail.com/celular: (81) 9XXXX-XXXX.

Você será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, um responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

➤ Descrição da pesquisa:

**Justificativa**

Esta pesquisa visa contribuir para a área de Ensino de Física, de forma particular ao ensino da Física Acústica, no que diz respeito ao conceito de timbre do som. Este conceito é caracterizado pela literatura como um conceito de natureza abstrata. As sequências de ensino na forma de Unidades de Ensino Potencialmente Significativa visam

<sup>3</sup> Este documento é uma adaptação do modelo disponibilizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – UFRPE conforme a Resolução 466/12

contribuir para esse processo formativo, buscando proporcionar aos estudantes um ambiente favorável a aprendizagem.

### **Objetivo**

Analisar a construção do conceito de timbre do som a partir da implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com estudantes do terceiro ano do ensino médio.

### **Processo de coleta de dados**

Os sujeitos da pesquisa são estudantes matriculados regularmente na terceira série do Ensino Médio da Rede Estadual de Pernambuco. Os instrumentos de coleta de dados consistem na técnica de coleta de documentos, onde pretende-se coletar as produções dos estudantes (resolução das situações-problema, construção de mapas conceituais e um questionário avaliativo) ao longo da sequência de ensino, de forma colaborativa em grupos e individual. A avaliação dos produtos vai ocorrer de forma qualitativa, buscando acompanhar a construção do conceito de timbre do som. Além das situações-problema e os mapas conceitos, iremos aplicar um questionário semiaberto para saber a opinião dos estudantes sobre todo processo formativo.

- Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa.

**A participação do voluntário acontecerá no ambiente escolar, de forma presencial, no horário e durante as aulas da disciplina de Física da terceira série do Ensino Médio. O início das atividades estão previstas para iniciar dia 09/05/2022 e terminar dia 14/06/2022, totalizando 12 encontros de 100 mim cada.**

- RISCOS diretos para o voluntário (prejuízo, desconforto, constrangimento, lesões que podem ser provocados pela pesquisa).

Caso o estudante não queria participar das produções (resolução das situações-problema e construção dos mapas conceituais), por não gostar das estratégias para o ensino, ou sentir constrangido em fazer atividades colaborativas em grupo, ou ainda assim, não quiser por outros motivos, participar da pesquisa, poderá se sentir a vontade para **desistir sem nenhuma punição de nota ou de outra natureza pedagógica.**

- BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.

Os benefícios atrelados ao processo de ensino e aprendizagem por meio da utilização das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) estão vinculadas as contribuições de novas estratégias de ensino que facilitem a aprendizagem dos conceitos ligados ao de timbre do som. Conceito este que é apontado na literatura como um conceito abstrato. A utilização desta metodologia busca minimizar as dificuldades da abstração e a falta de motivação para acompanhar as aulas, bem como promover um processo de ensino que faça sentido para o estudante na sua realidade. Desse modo, as questões elencadas permitirão que os estudantes se beneficiem de um processo de ensino contextualizado e significativo.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa na forma de produtos educacionais como

resoluções de situações-problemas e elaboração de mapas conceituais, como também respostas a um questionário de classificação sobre a intervenção, ficarão armazenados em pastas de arquivo e no computador pessoal, sob a responsabilidade da professora Dra. Ivoneide Mendes da Silva, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos.

---

**Assinatura do pesquisador (a)**

**ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR  
COMO VOLUNTÁRIO(A)**

Eu, \_\_\_\_\_, portador (a) do documento de Identidade \_\_\_\_\_ (se já tiver documento), abaixo assinado, concordo em participar da pesquisa de mestrado intitulada como ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Recife, \_\_\_\_/\_\_\_\_/2022

**Assinatura do (da) menor:** \_\_\_\_\_

## APÊNDICE E - MODELO DE CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DA PESQUISA



**Governo do Estado de Pernambuco**  
Secretaria de Educação e Esportes  
Secretaria Executiva de Educação Integral e Profissional  
**ESCOLA DE REFERÊNCIA EM ENSINO MÉDIO XXXXXX XXXXXX**  
Decreto nº. XX.XXX – D.O. XX/XX/XXXX  
Inscrição: E – XXX.XXX INEP MEC XXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXX, XXX – XXXXX - Recife PE Fone: XXXX-XXXX.

### CARTA DE ANUÊNCIA<sup>4</sup>

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos o pesquisador **Wolney Cosme Silva André**, a desenvolver o seu projeto de pesquisa de mestrado intitulado como **ANÁLISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA**, que está sob a coordenação/orientação da Professora Dra. **Ivoneide Mendes da Silva** cujo objetivo é oferecer um processo formativo na perspectiva de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), nos horários de aula da disciplina de Física destinado aos estudantes da 3º série do Ensino Médio, a fim de analisar a construção do conceito de timbre do som, na Escola de Referência em Ensino Médio XXXX XXXX XXXXX. O professor XXXX XXXX XXXXX, que ministra a referida disciplina, está ciente e autorizou a aplicação da pesquisa no período de suas aulas.

Os dados pessoais dos participantes coletados durante a pesquisa serão utilizados, exclusivamente, para os fins científicos e acadêmicos mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Recife, \_\_\_\_/\_\_\_\_/2022.

---

Nome/assinatura e **carimbo** do responsável onde a pesquisa será realizada

---

<sup>4</sup> Este documento é uma adaptação do modelo disponibilizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – UFRPE conforme a Resolução 466/12

**APÊNDICE F - QUESTIONÁRIO ABERTO APLICADO COM OS  
ESTUDANTES  
QUESTIONÁRIO ABERTO**

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**1º BLOCO: PERGUNTAS SOBRE A FÍSICA DO SOM**

1) Explique o que é o conceito de timbre do som e qual a sua relação com o fenômeno da superposição de ondas.

---

---

---

---

---

---

---

---

2) Por que o timbre é a característica que diferencia a mesma nota musical tocada por dois instrumentos diferentes?

---

---

---

---

---

---

---

---

3) Existe(m) diferença(s) entre o conceito de timbre do som e o conceito de intensidade sonora?

---

---

---

---

---

---

---

---

4) Existe(m) diferença(s) entre o conceito de timbre e o conceito de altura do som?

---

---

---

---

---

---

---

---

**2º BLOCO: PERGUNTAS SOBRE AS ATIVIDADES REALIZADAS**

5) A primeira situação-problema ajudou a refletir sobre o que é o som? Porque?

---

---

---

---

---

---

6) A segunda situação-problema ajudou a refletir sobre qual a relação entre o fenômeno da superposição e o timbre do som? Porque?

---

---

---

---

---

---

7) A utilização dos mapas conceituais ajudou a compreender o conceito de timbre do som e sua relação com a Física do som? Justifique.

---

---

---

---

---

---

8) Qual sua opinião em ter a oportunidade de refazer os mapas conceituais colaborativos? Justifique.

---

---

---

---

---

---

9) Quais vantagens das atividades (UEPS) realizadas durante a aplicação da pesquisa para a construção do conceito de timbre do som? Justifique.

---

---

---

---

---

---

10) Quais desvantagens das atividades (UEPS) realizadas durante a aplicação da pesquisa para a construção do conceito de timbre do som? Justifique.

---

---

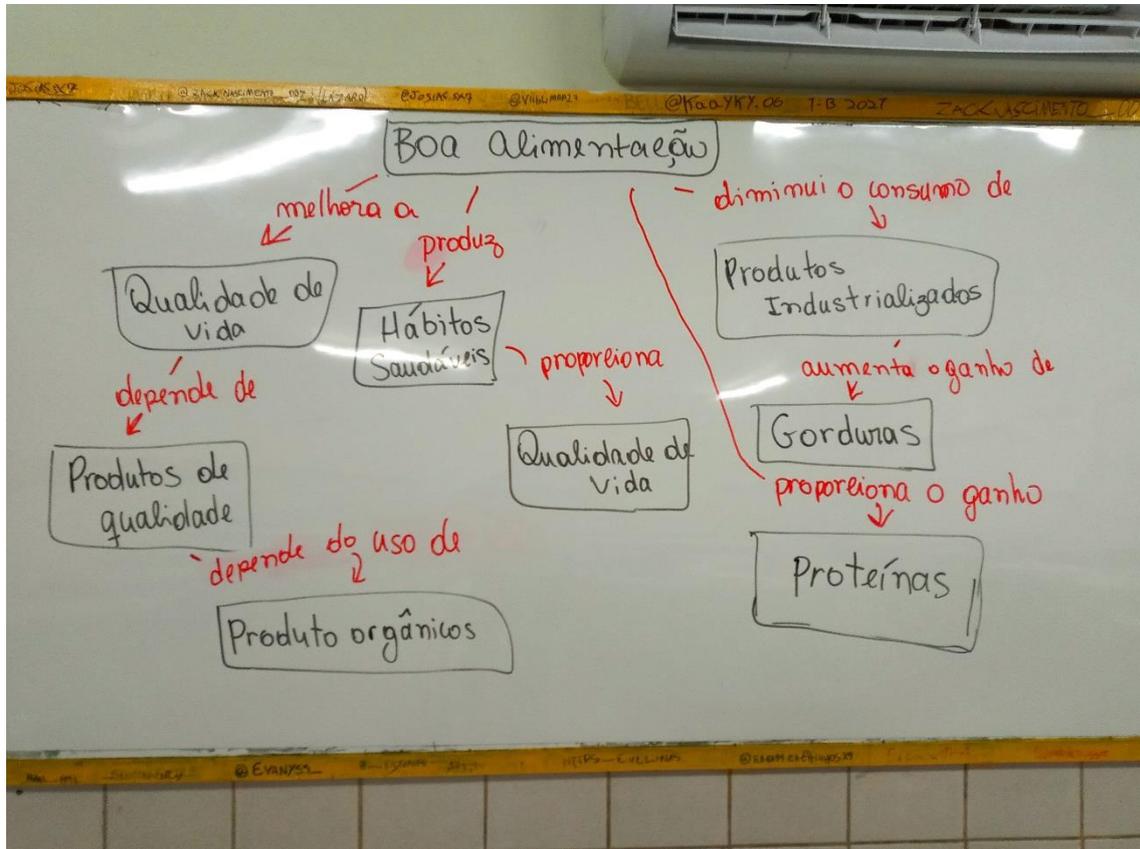
---

---

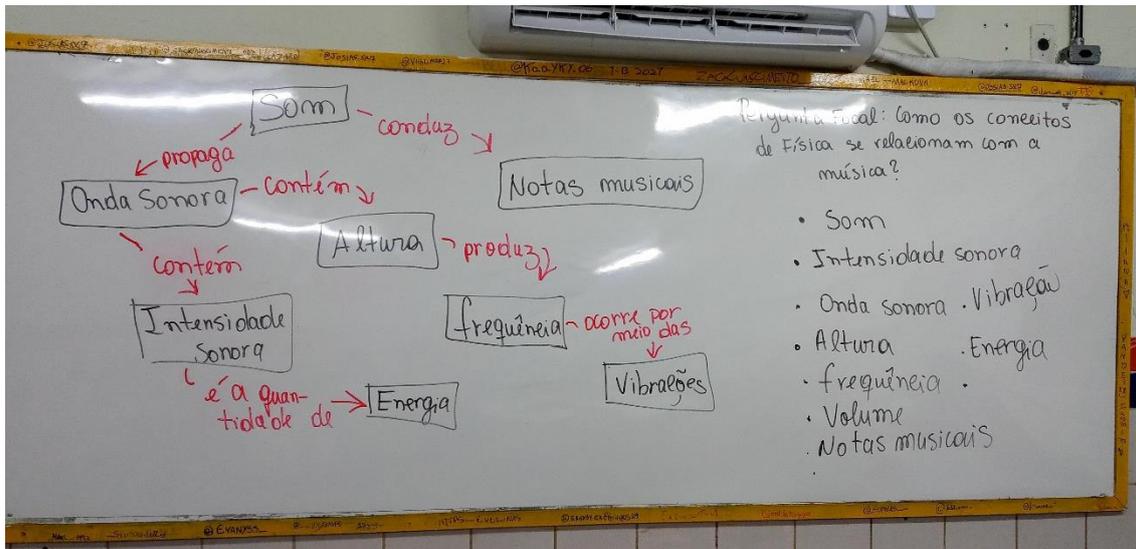
---

---

**APÊNDICE G - MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO NA AULA DE  
AMBIENTAÇÃO ORIGINAL**

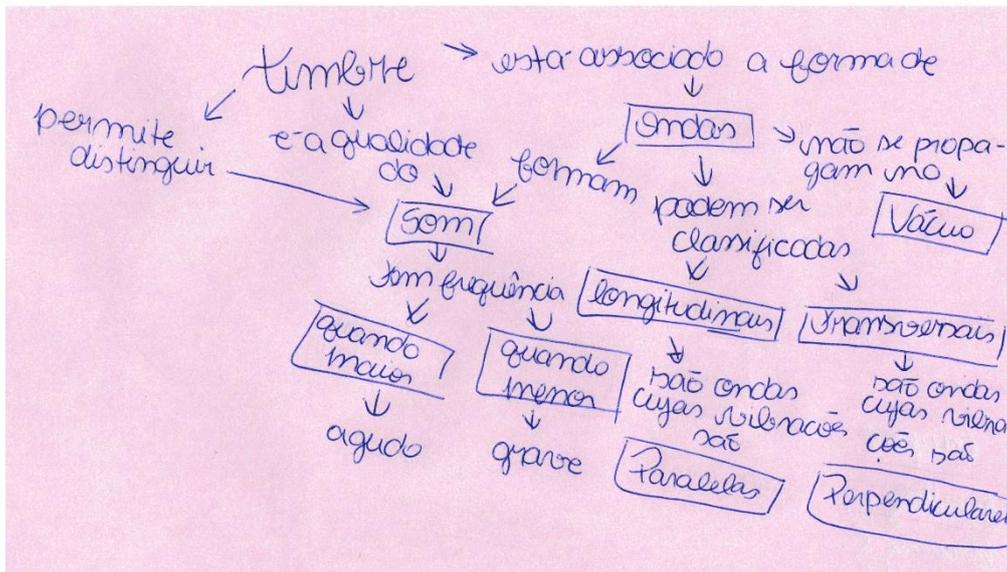


## APÊNDICE H - MAPA CONCEITUAL INICIAL ORIGINAL

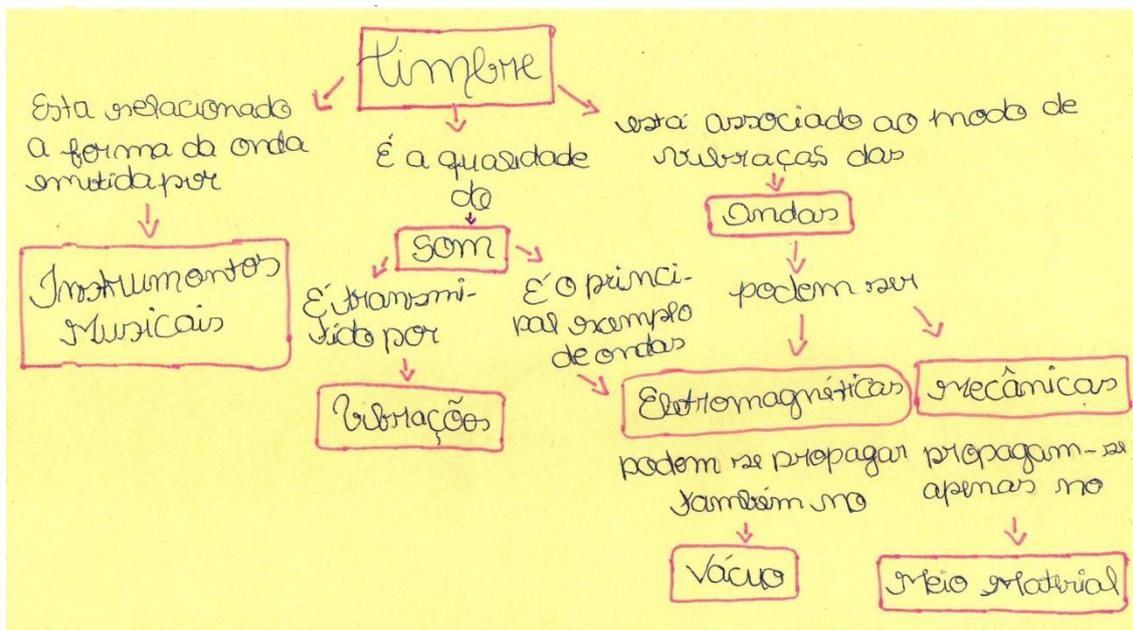


**APÊNDICE G - MAPAS CONCEITUAIS COLABORATIVOS ORIGINAIS**

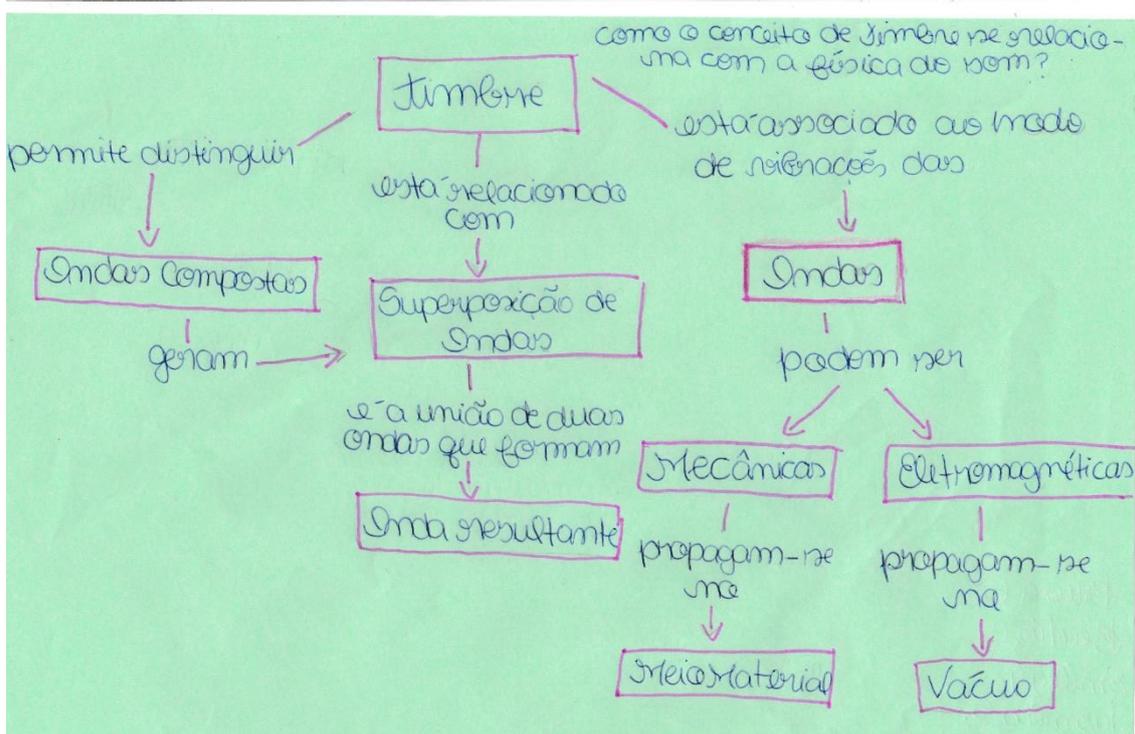
**APÊNDICE G1 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 1**



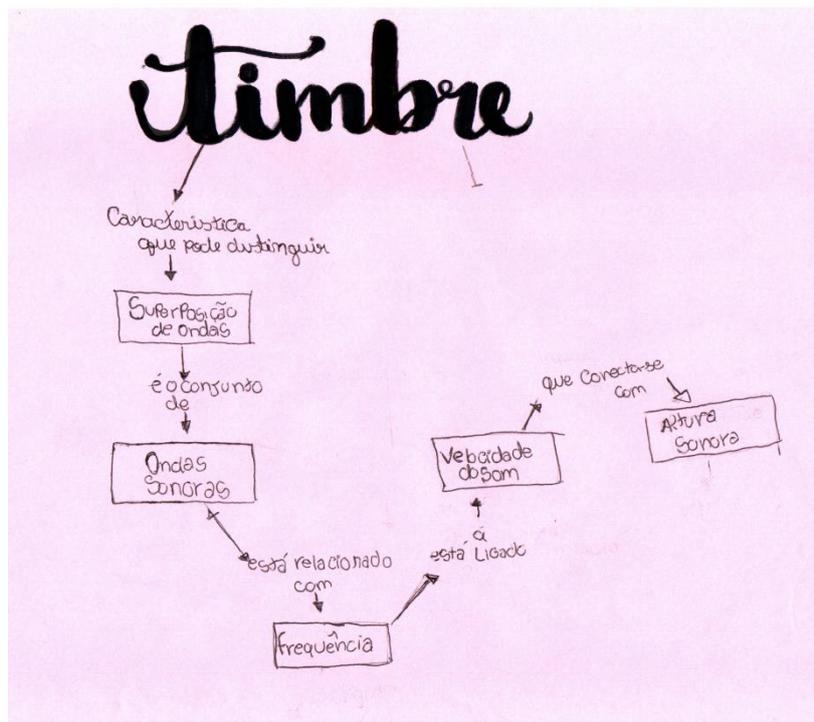
**APÊNDICE G2 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 1**



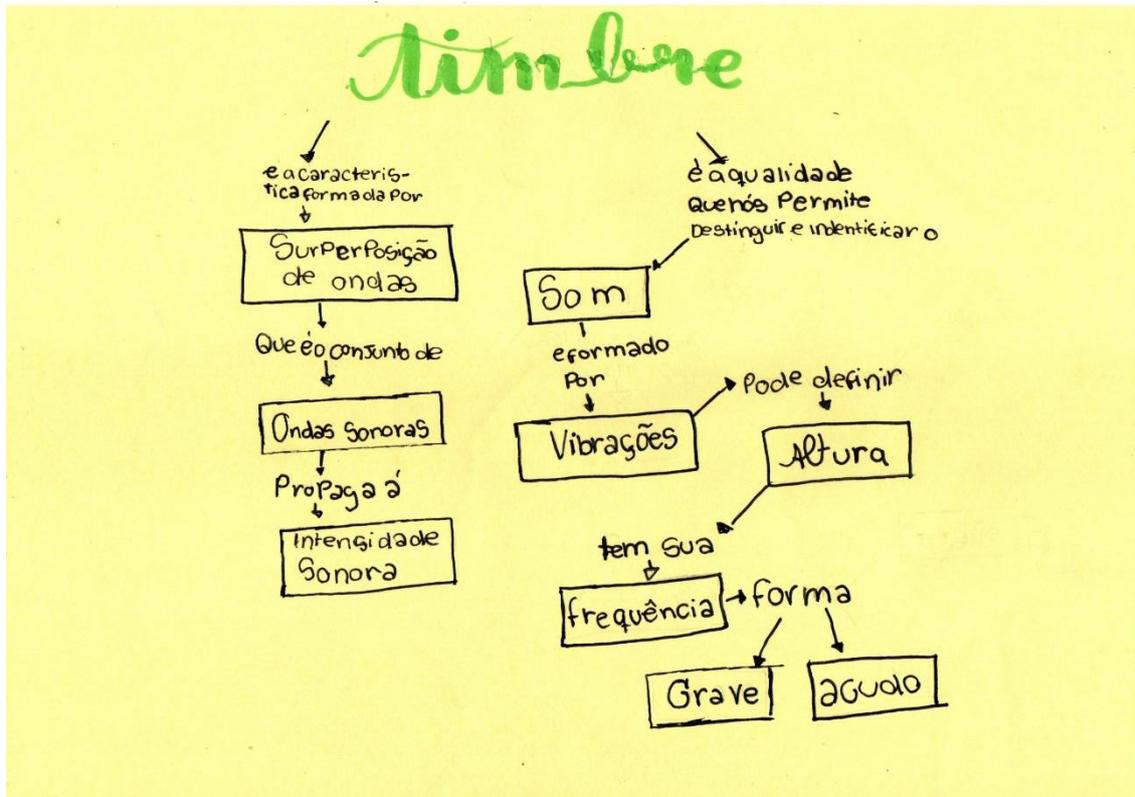
APÊNDICE G3 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 1



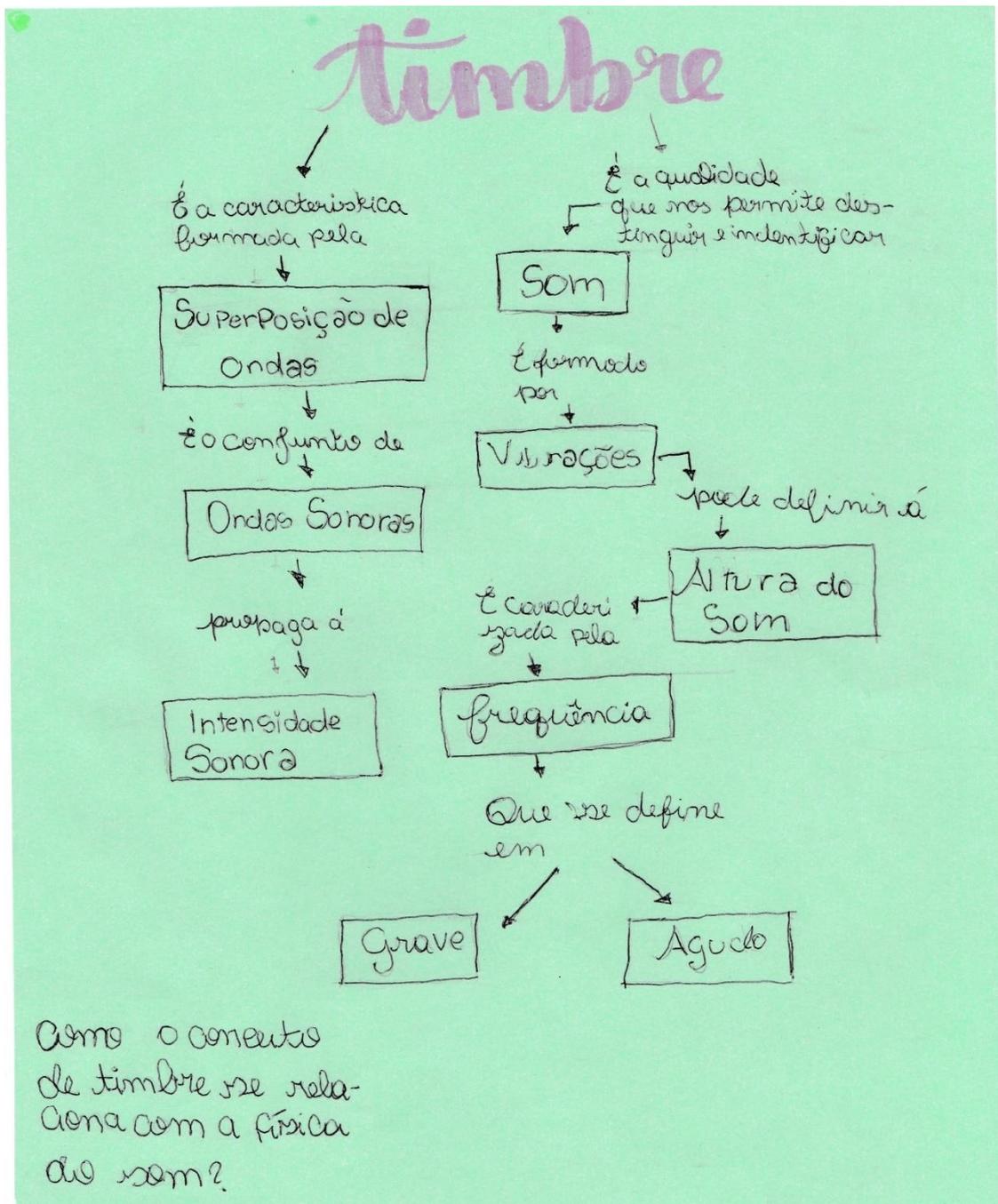
APÊNDICE G4 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 2



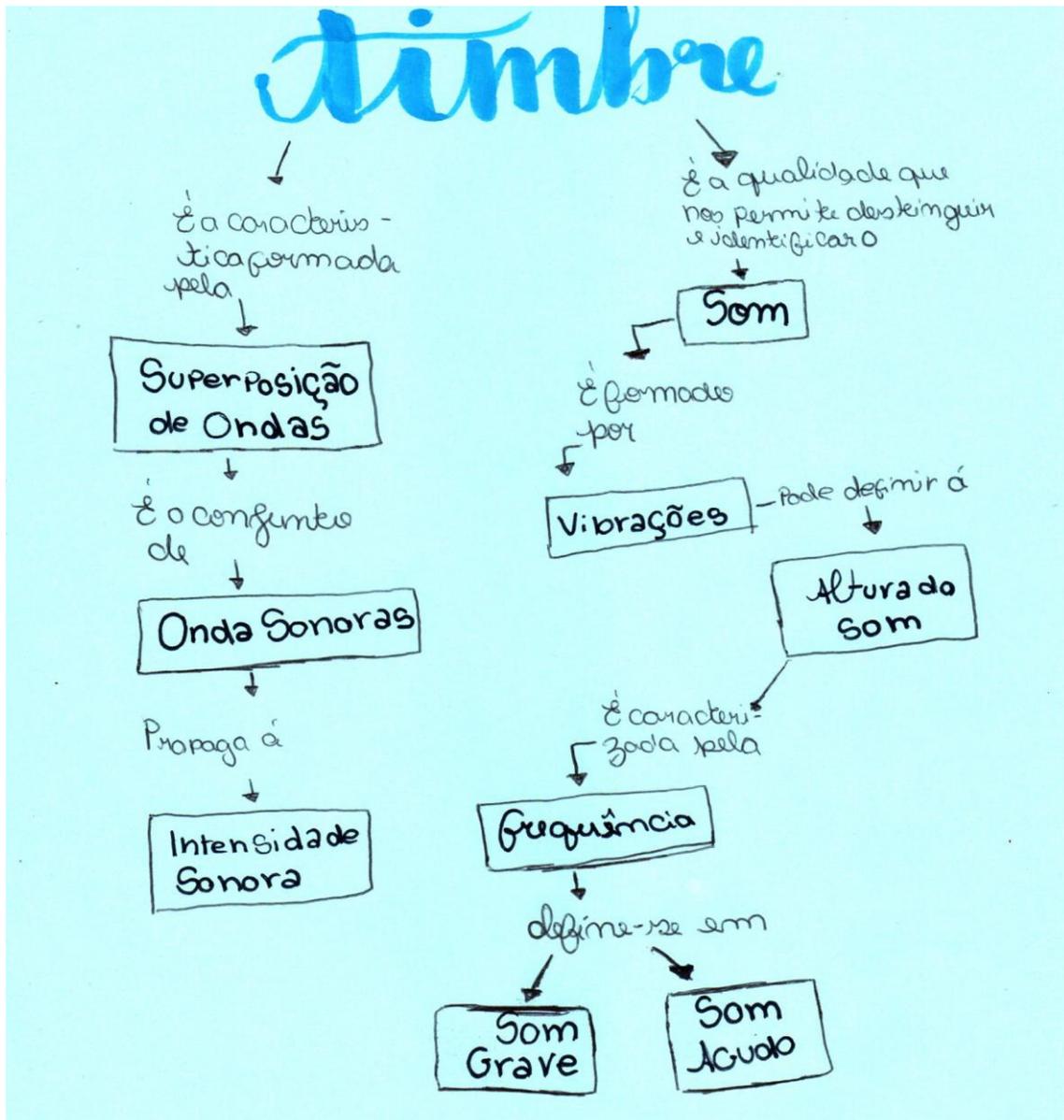
## APÊNDICE G5 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 2



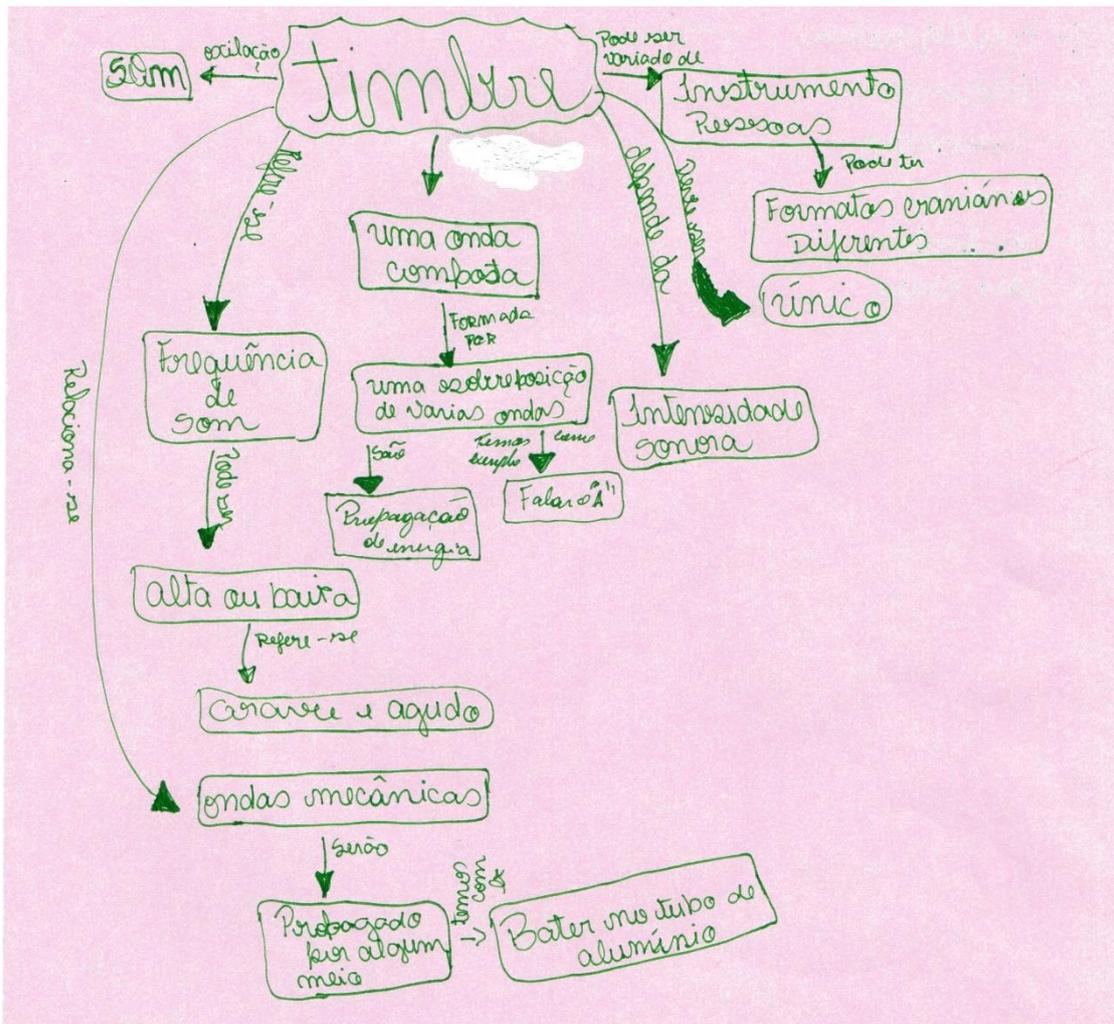
## APÊNDICE G6 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 2



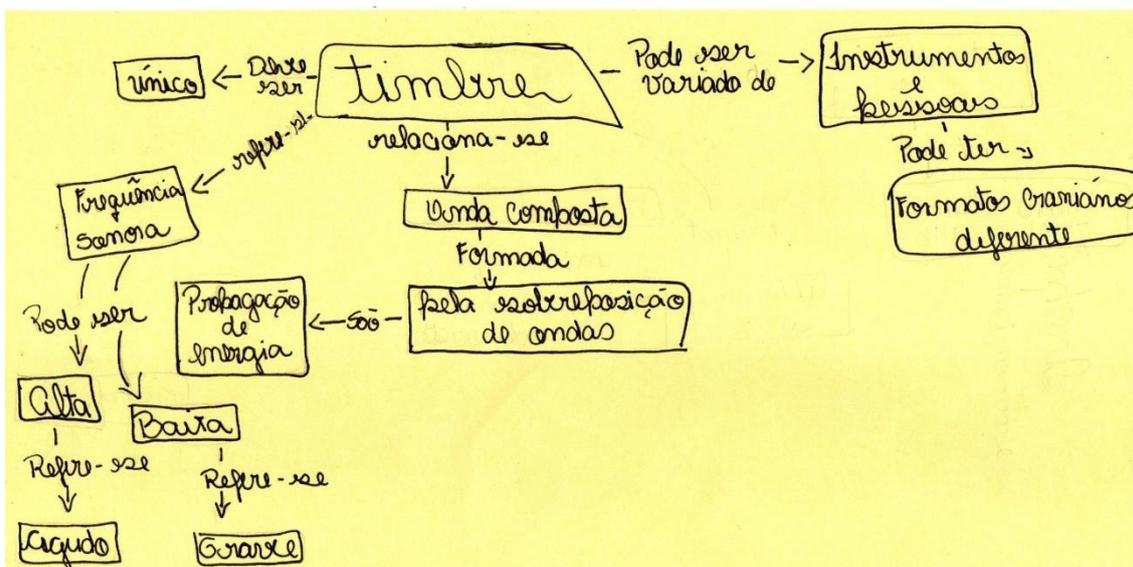
## APÊNDICE G7 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 2



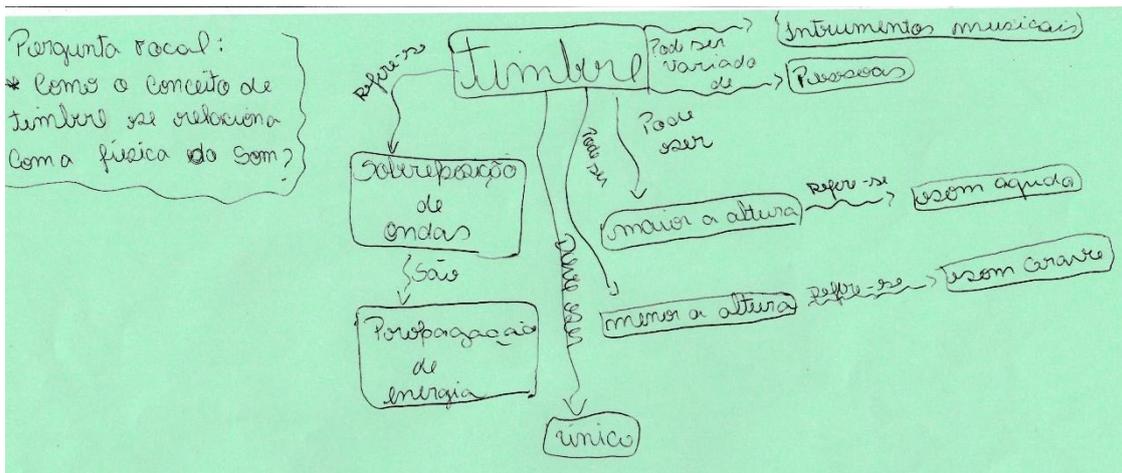
APÊNDICE G8 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 3



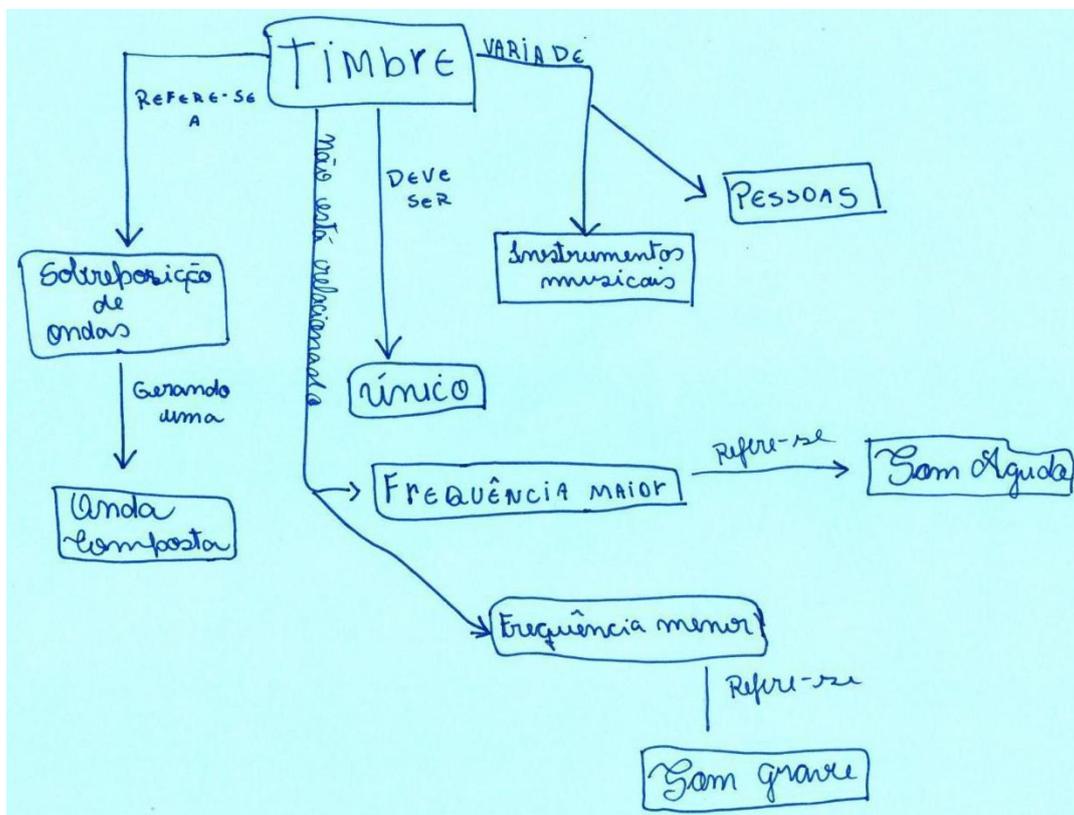
APÊNDICE G9 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 3



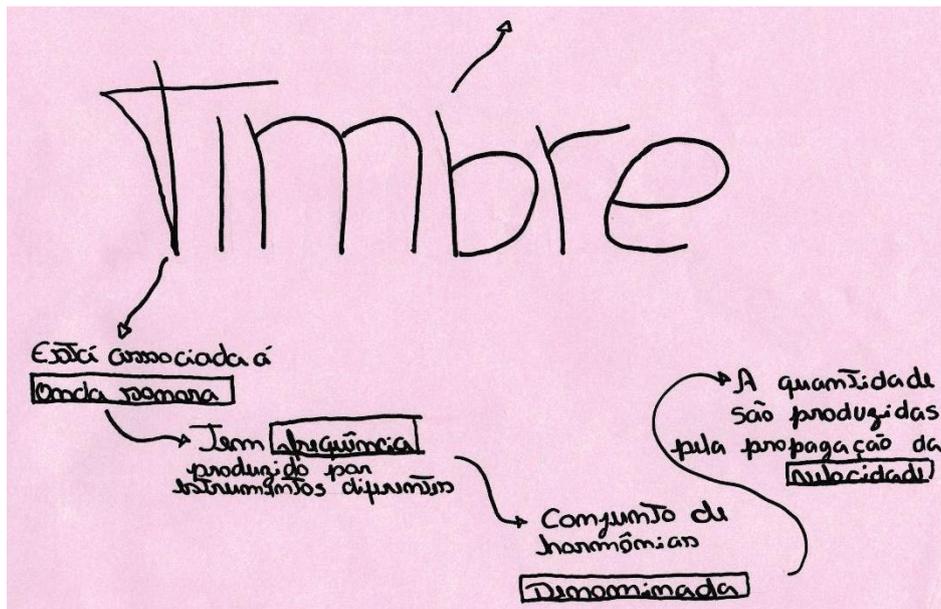
APÊNDICE G10 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 3



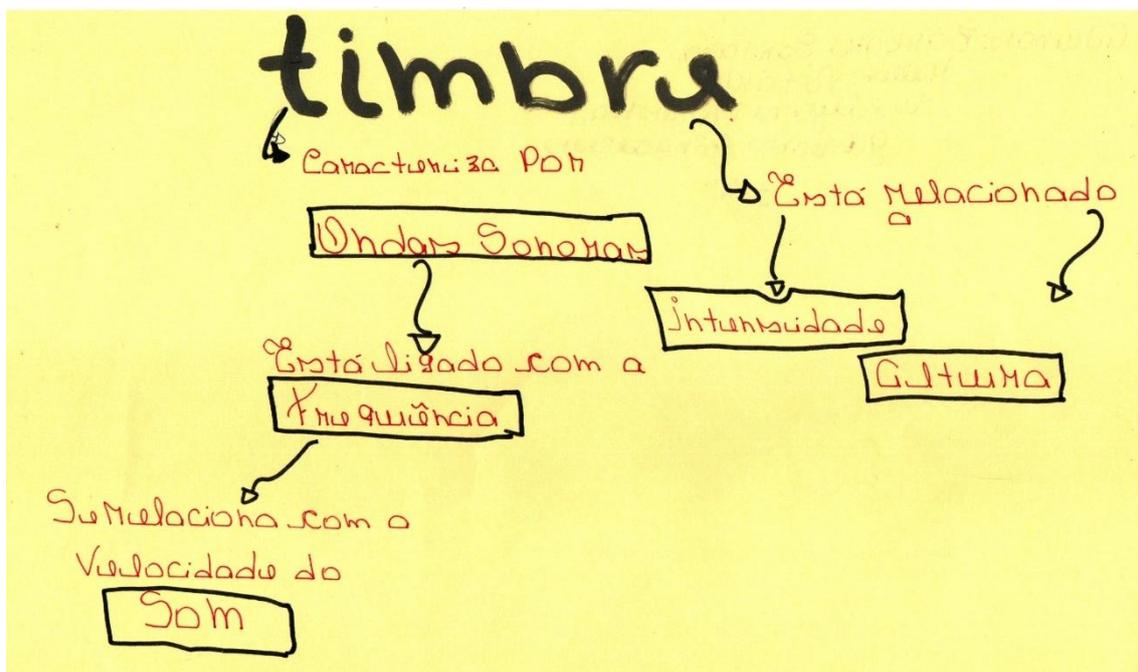
APÊNDICE G11 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 3



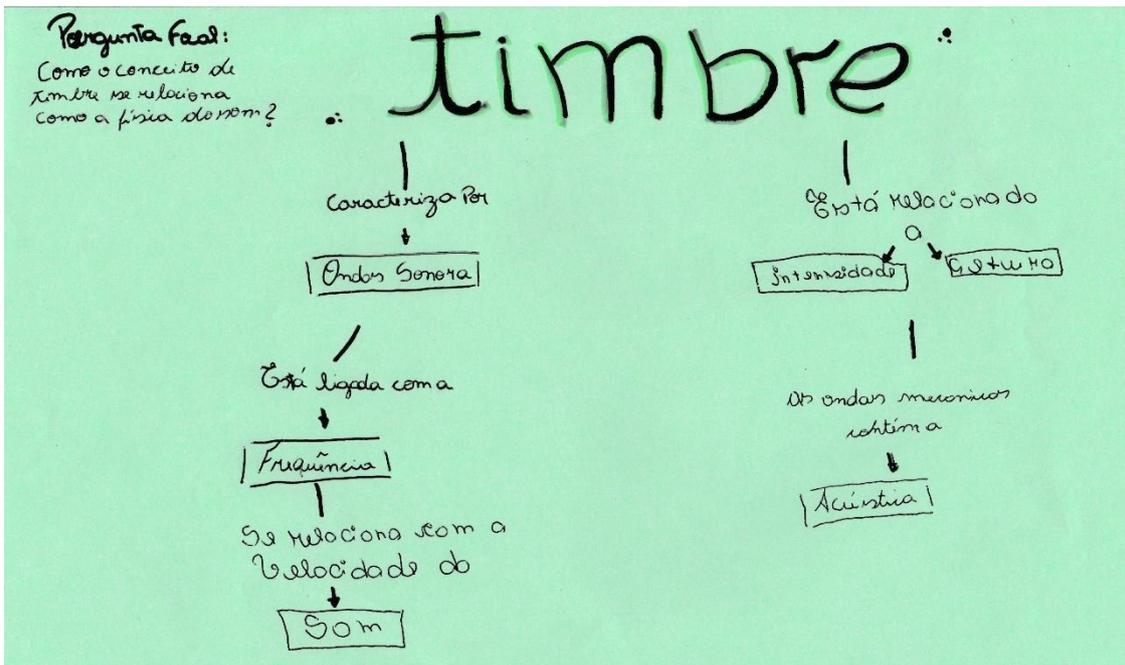
APÊNDICE G12 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 4



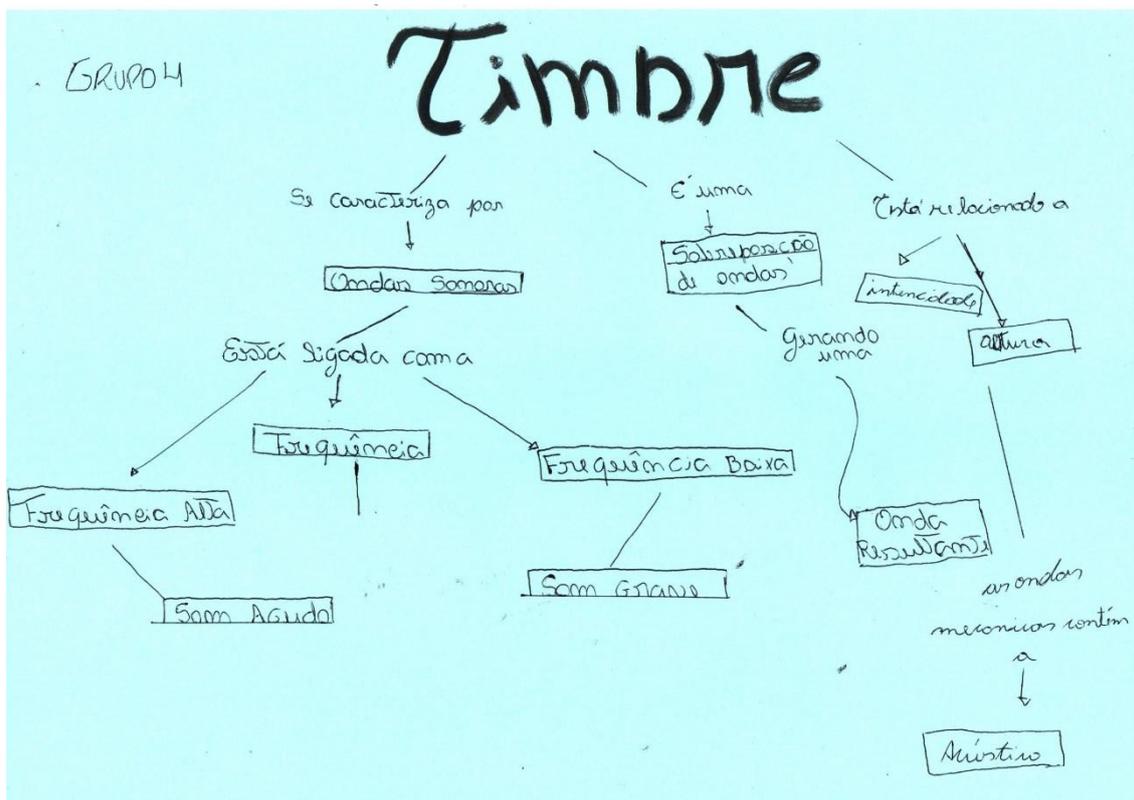
APÊNDICE G13 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 4



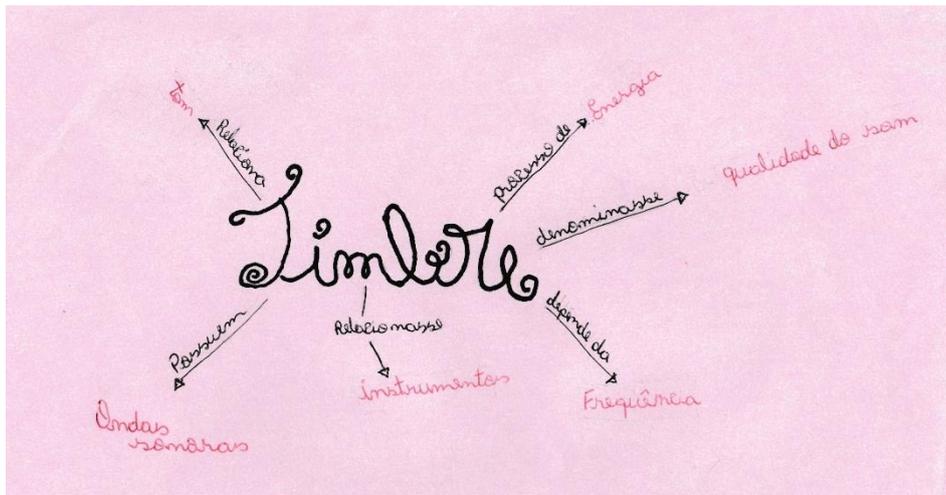
APÊNDICE G14 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 4



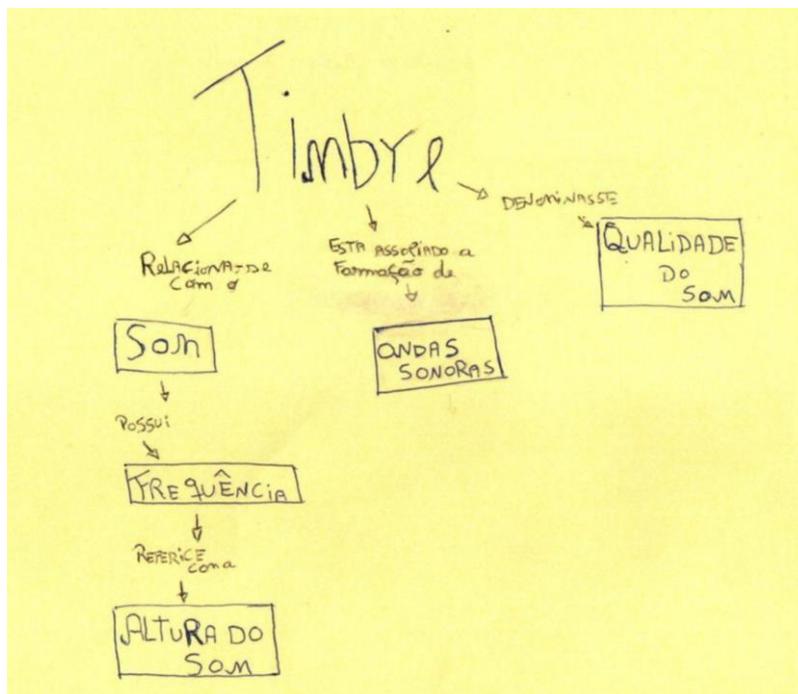
APÊNDICE G15 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 4



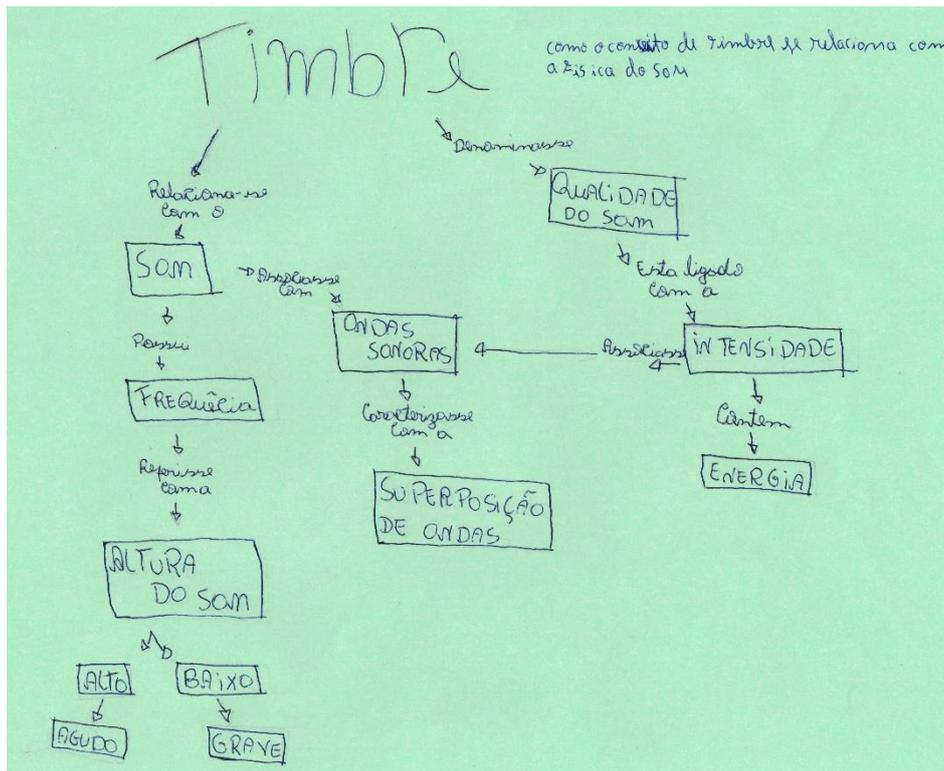
APÊNDICE G16 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 5



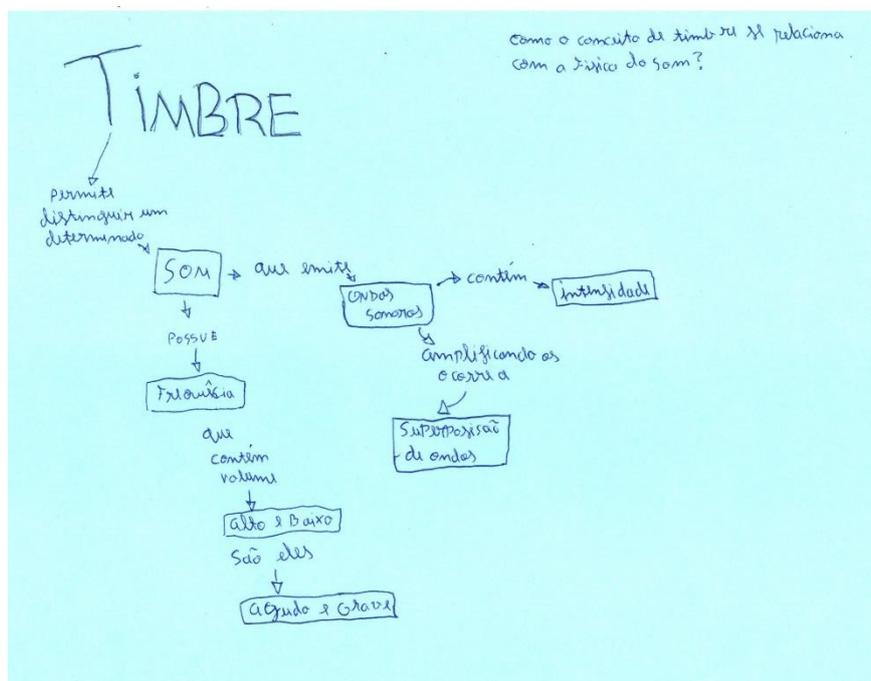
APÊNDICE G17 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 5



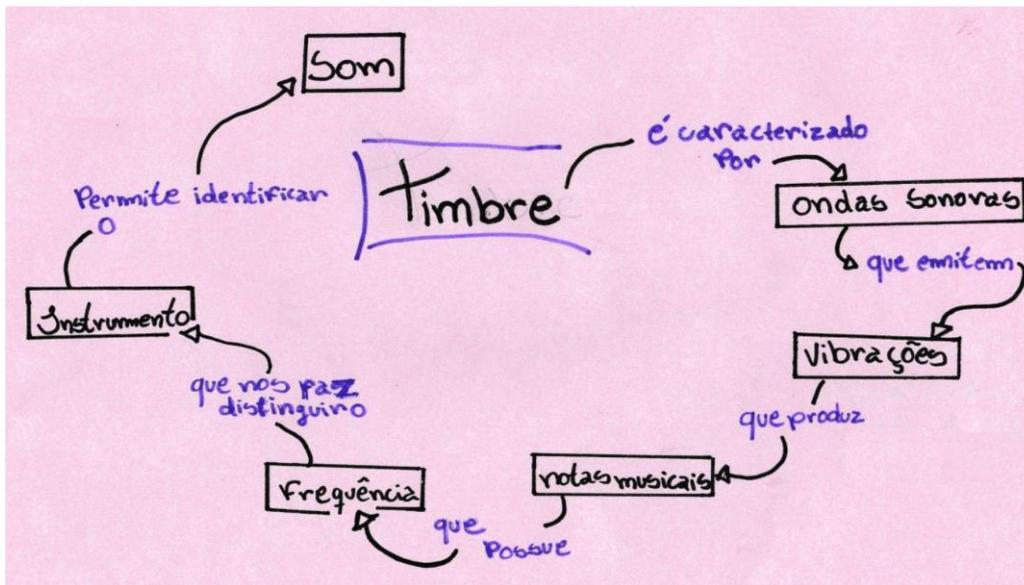
APÊNDICE G18 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 5



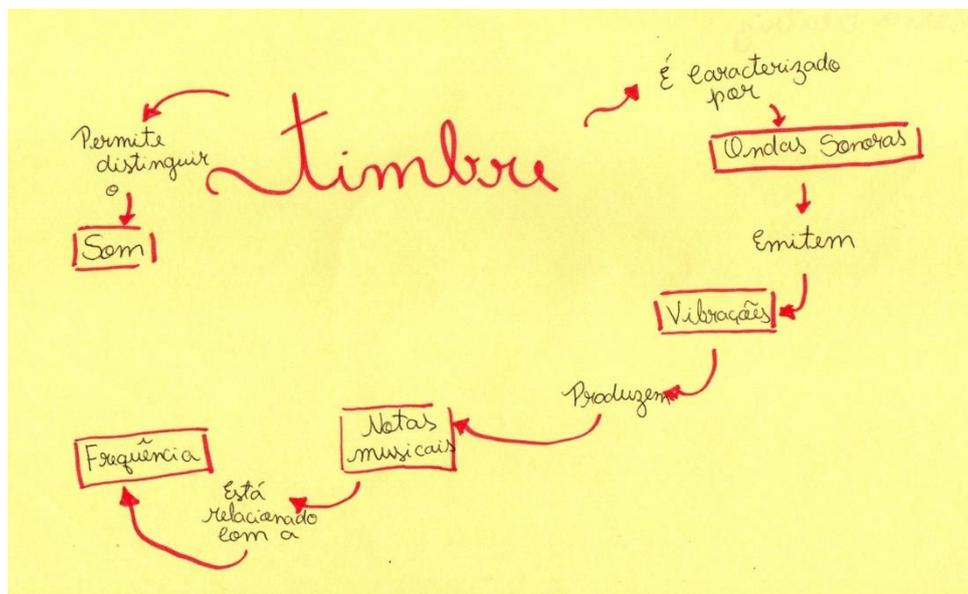
APÊNDICE G19 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 5



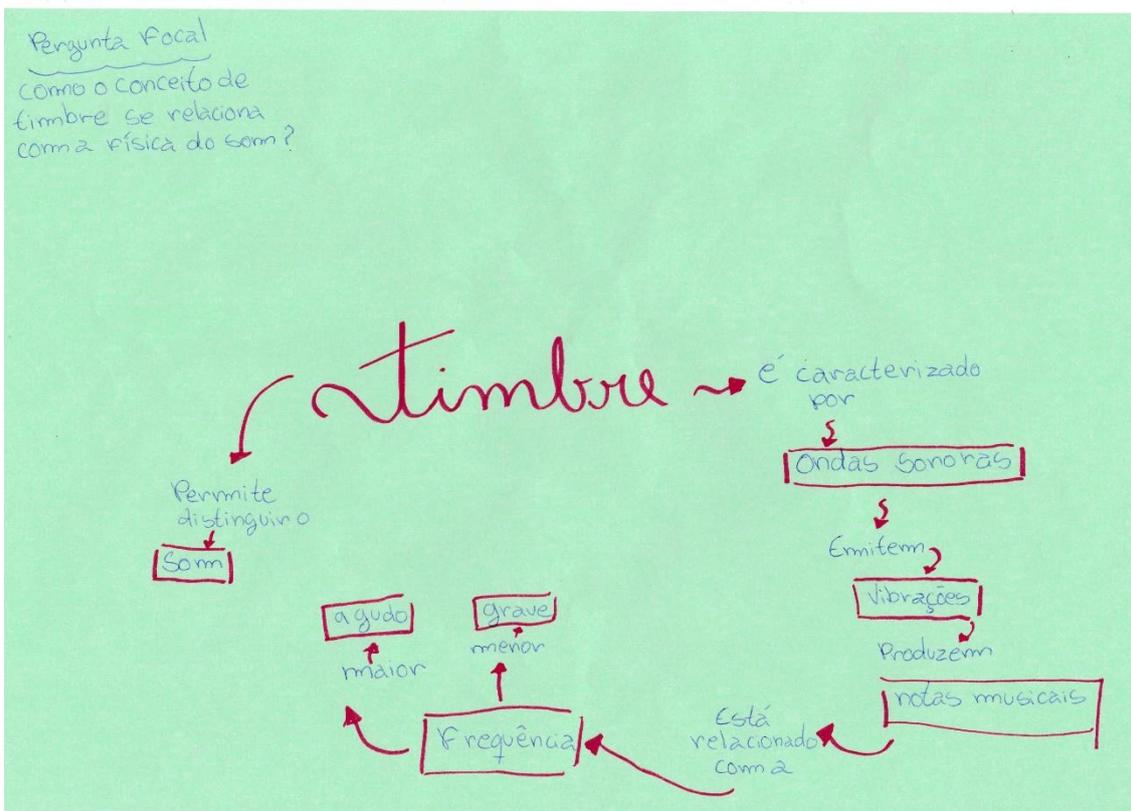
APÊNDICE G20 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 6



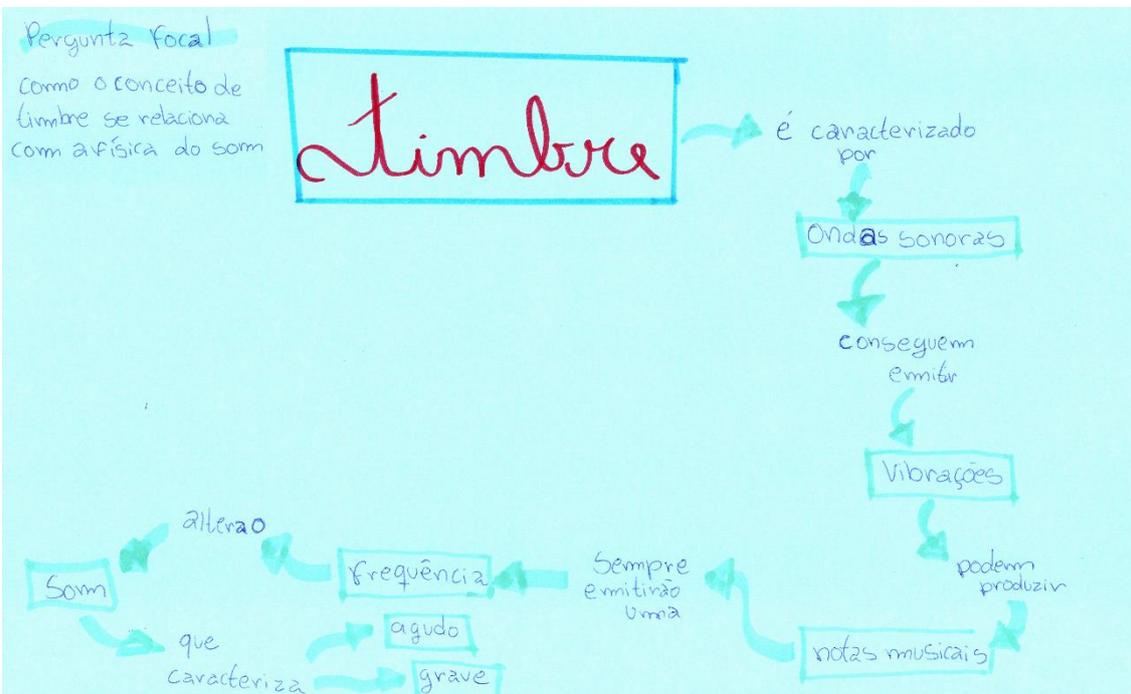
APÊNDICE G21 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 6



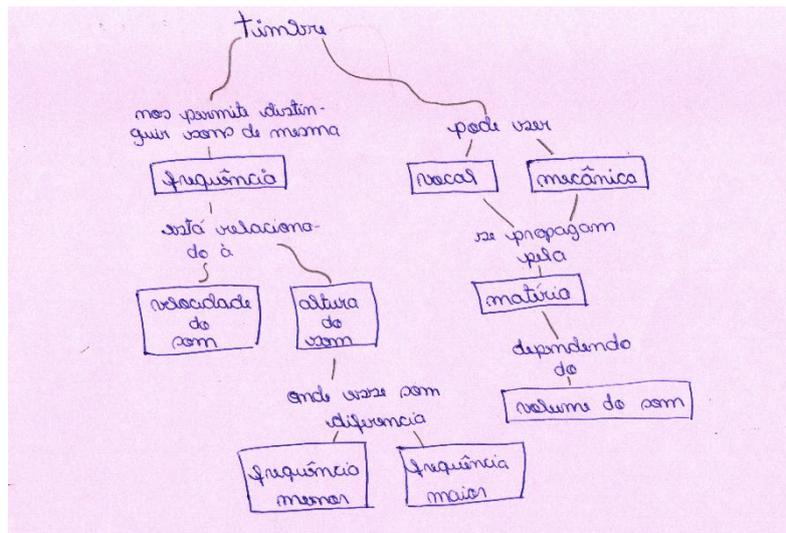
APÊNDICE G22 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 6



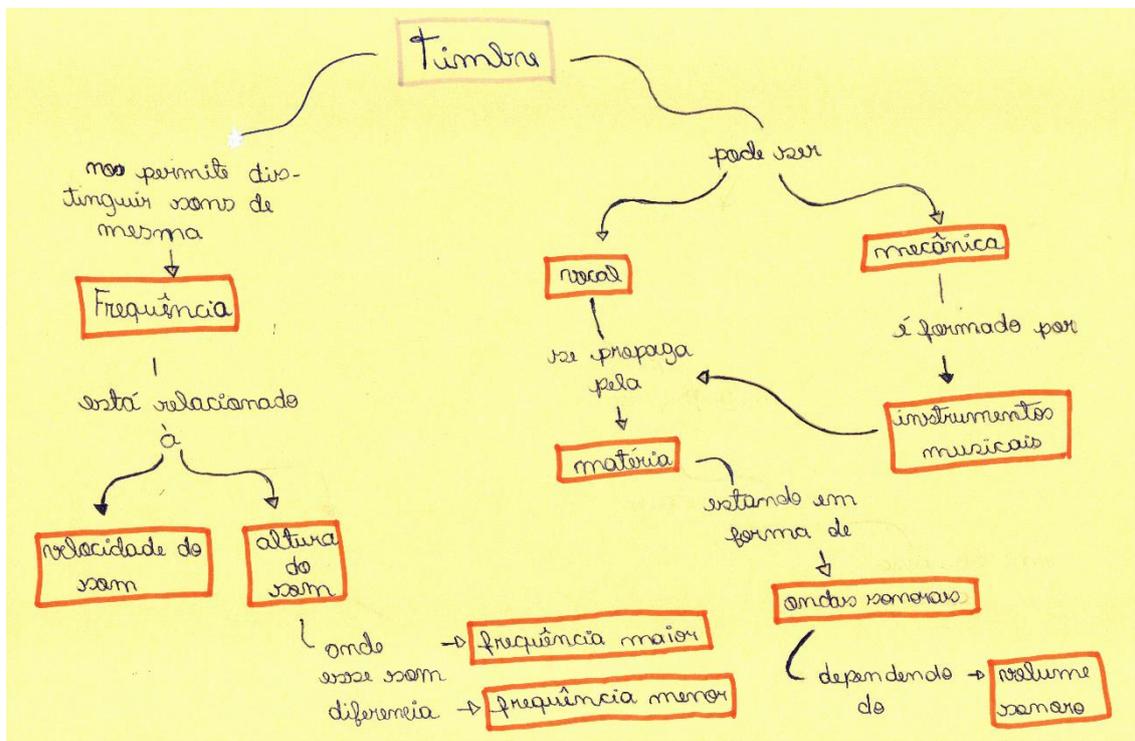
APÊNDICE G23 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 6



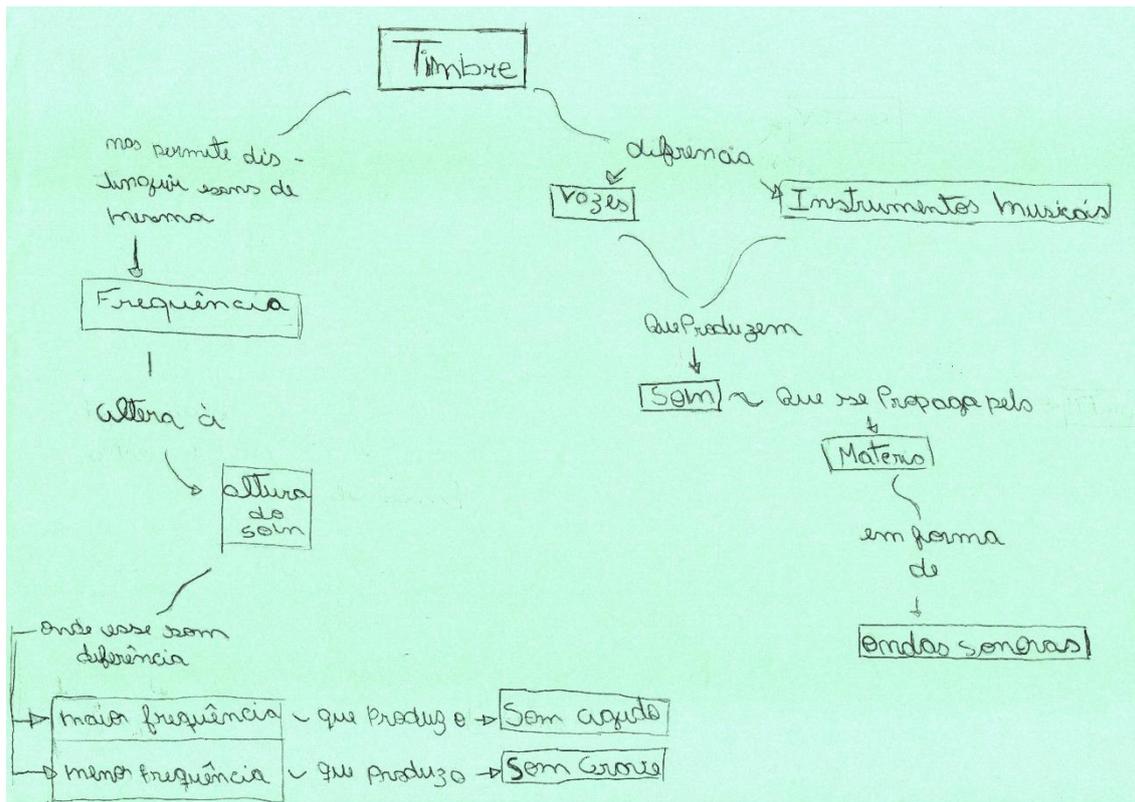
APÊNDICE G24 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 1 DO GRUPO 7



APÊNDICE G25 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 2 DO GRUPO 7



APÊNDICE G26 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 3 DO GRUPO 7



APÊNDICE G27 - MAPA CONCEITUAL COLABORATIVO 4 DO GRUPO 7

