

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

KAROLINE GONZAGA OLIVEIRA

**RADIAÇÃO INFRAVERMELHA E SUAS APLICAÇÕES: UMA
PROPOSTA DIDÁTICA DE MEDIAÇÃO BASEADA NA
APRENDIZAGEM CRIATIVA COM UTILIZAÇÃO DE ARDUINO**

**VITÓRIA
2022**

KAROLINE GONZAGA OLIVEIRA

**RADIAÇÃO INFRAVERMELHA E SUAS APLICAÇÕES: UMA
PROPOSTA DIDÁTICA DE MEDIAÇÃO BASEADA NA
APRENDIZAGEM CRIATIVA COM UTILIZAÇÃO DE ARDUINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo em associação ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Viali Loyola

VITÓRIA

2022

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

O48r Oliveira, Karoline Gonzaga, 1994-
Radiação Infravermelha e suas aplicações : uma proposta didática de mediação baseada na Aprendizagem Criativa com utilização de arduino. / Karoline Gonzaga Oliveira. - 2022.
134 f. : il.

Orientador: Gustavo Loyola Viali.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Aprendizagem Criativa. 2. Arduino. 3. Mapas conceituais.
I. Viali, Gustavo Loyola. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53



"Radiação Infravermelha e suas Aplicações: Uma Proposta Didática de Mediação Baseada na Aprendizagem Criativa Com Utilização de Arduíno"

Karoline Gonzaga Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 10 de outubro de 2022.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gustavo Viali Loyola
(Orientador: PPGEnFis/UFES)

Prof. Dr. Fernando José Lira Leal
(Membro Externo: IFES/Campus Cariacica)

Prof. Dr. Laércio Evandro Ferracioli da Silva
(Membro Interno: PPGEnFis/UFES)

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton (1676)

À minha adorável avó Zilah (*in memoriam*), que se tornou a minha estrela guia, é a minha maior saudade e foi fonte de inspiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família: Sergio e Rosangela, meus pais; e Cynthia Rachel, minha irmã, pelo carinho, apoio, paciência e alento nos momentos em que eu pensei que não daria conta sozinha. A base educacional que vocês me proporcionaram desde a educação infantil me impulsionaram para chegar até aqui. Vocês são a minha fonte de inspiração e o estímulo a minha vitória.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gustavo Viali, pelos ensinamentos, conselhos e conhecimento passados a mim nesses dois anos e meio. Foram tempos bastante desafiantes do qual você se fez bastante presente e conseguiu despertar o interesse na pesquisa em Ensino de Física. Obrigada pela confiança em mim conferida.

Ao Prof. Dr. Laércio Ferracioli e, novamente, ao Prof. Dr. Gustavo Viali, por terem encarado a missão de continuar os encontros remotos no começo da pandemia para não desistirmos e desanimarmos do nosso tão sonhado título. Foi extremamente essencial o aprendizado que obtivemos de vocês, a doação do tempo, afeto e empatia para conosco em um momento tão delicado que estávamos enfrentando. Sou muito grata a ambos por terem apostado na nossa turma e não terem largado a nossa mão.

Ao meu amigo e companheiro Breno Moreira, que não mediu esforços para me ajudar e auxiliar em todas as etapas do mestrado. Não tenho palavras para agradecer tudo que fez por mim nesse período, gratidão por ter embarcado comigo no meu sonho e alçado esse vôo tão alto ao meu lado.

Aos meus colegas de mestrado da Turma 2020/1, que juntos enfrentamos esse árduo caminho. Em especial, gostaria de agradecer a André Oakes, Nayara Scarlet, Tiago Guerçon e Thiago Gottardi, que se tornaram meus amigos para a vida. O processo se tornou muito mais leve e divertido tendo a companhia de vocês ao longo das tardes de quinta-feira e manhãs de sexta-feira. Vocês foram essenciais!

Aos meus amigos de longas datas e caminhada Athílio Eler, Thaís Ricardo, Rayara Barroca e Renata Vieira que me ouviram, me abraçaram e suportaram comigo as adversidades.

A mim, por ter enfrentado bravamente todos os momentos difíceis. Não foi fácil chegar até aqui, esse fechamento de ciclo é muito importante na minha trajetória acadêmica, pois eu me venci. Venci a vontade de desistir, a angústia, a ansiedade e o medo de não dar conta dessa missão tão trabalhosa e árdua. Só eu sei os percalços enfrentados para chegar até aqui. Lutei, briguei, resisti para que tudo isso pudesse se concretizar.

Agradeço também a Mirleni de Jesus, aluna do PPGEnFís, que me cedeu de muito bom grado a sua turma de eletiva para que eu pudesse aplicar a minha pesquisa. E a Diretora Graziely Ameixa, por ter concedido a permissão da aplicação do produto educacional, pois foi o que possibilitou o curso do projeto. Sou extremamente grata a vocês por isso, pois não mediram esforços para me ajudar e apoiar nesse momento.

Por fim, gostaria de agradecer ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física (PPGEnFis), pólo 12, em especial ao Coordenador Flávio Alvarenga, pelas oportunidades oferecidas ao longo do curso. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão de bolsa.

RESUMO

Este trabalho relata a aplicação de um Produto Educacional que aborda conceitos relacionados a Radiação Infravermelha. Ele foi desenvolvido observando os pressupostos da Aprendizagem Criativa, na perspectiva de Mitchel Resnick. O material propõe a utilização de três ferramentas didáticas: os mapas conceituais, diários de bordo e questionários. Paralelo a isso, o Arduino foi utilizado para demonstração do fenômeno e das aplicabilidades do instrumento no dia a dia. Os impactos da utilização do Produto Educacional foram realizados seguindo um delineamento de análise dos mapas conceituais, com a Taxonomia Topológica, que serviu de termômetro do progresso dos mapas conceituais elaborados pelos alunos. Assim, o estudo foi desenvolvido em uma turma de eletiva, que segue os padrões no Currículo do Novo Ensino Médio do Estado do Espírito Santo. Em média, 25 alunos participaram do processo formativo em um ano de Pandemia e retorno presencial das aulas. A coleta de dados se deu a partir de um mapa conceitual individual, diário de bordo individual, questionário inicial, mapa conceitual em grupo, diário de bordo em grupo e o questionário de opinião. Os questionários tiveram questões mistas, abertas e fechadas, sendo que nas fechadas a escala Likert se fez presente. A partir disso, foi realizada uma análise qualitativa a partir das respostas das questões abertas e fechadas dos testes. De maneira geral, analisando o desempenho dos estudantes foi possível perceber que os níveis conceituais se mantiveram, não demonstrando nenhuma perda ou ganho a nível conceitual. Os resultados apresentam indícios que o Produto Educacional e os recursos propostos contribuíram para a motivação, criatividade e o desenvolvimento dos conceitos dos alunos e a promoção da Aprendizagem Criativa para o conceito de Radiação Infravermelha do grupo de estudantes desta Escola Estadual.

Palavras-chave: Aprendizagem Criativa, Arduino, Mapas Conceituais.

ABSTRACT

This paper reports the application of an Educational Product that addresses concepts related to Infrared Radiation. It was developed observing the assumptions of Creative Learning, from the perspective of Mitchel Resnick. The material proposes the use of three didactic tools: concept maps, logbooks and questionnaires. Parallel to this, the Arduino was used to demonstrate the phenomenon and the applicability of the instrument in everyday life. The impacts of using the Educational Product was carried out following a design of analysis of the conceptual maps, with the Topological Taxonomy, which served as a thermometer of the progress of the conceptual maps prepared by the students. Thus, the study was developed in an Elective class, which follows the standards in the New High School Curriculum of the State of Espírito Santo. On average, 25 students participated in the training process in a year of Pandemic and face-to-face return to classes. Data collection took place from an individual concept map, individual logbook, initial questionnaire, group concept map, group logbook and the opinion questionnaire. The questionnaires had mixed, open and closed questions, where the Likert scale was present in the closed ones. A qualitative analysis was performed based on the answers to the open and closed questions of the tests. In general, analyzing the students' performance, it was possible to perceive that the conceptual levels were maintained, showing no loss or gain at the conceptual level. The results show evidence that the Educational Product and the proposed resources contributed to the motivation, creativity and development of the students' concepts and the promotion of Creative Learning for the concept of Infrared Radiation of the group of students of this State School.

Keywords: Creative Learning, Arduino, Concept Maps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação dos campos eletromagnéticos	22
Figura 2 - Exemplos de diferentes tipos de aplicações utilizando radiação	24
Figura 3 - Proposta experimental do produto educacional: Termômetro infravermelho feito com placa de Arduino	26
Figura 4 - Representação gráfica do Deslocamento de Wien para irradiância monocromática para corpo negro a diversas temperaturas	25
Figura 5 - Os 4 Ps da Aprendizagem Criativa	30
Figura 6 - Espiral da Aprendizagem Criativa	31
Figura 7 - Mapa do bairro	36
Figura 8 - Desempenho dos alunos na disciplina de Física na prova do PAEBES ...	37
Figura 9 - Sala Maker da EEEFM Marinete de Souza Lira	44
Figura 10 -Mapa conceitual em colaboração dos alunos da eletiva	45
Figura 11 - Gráfico da estrutura hierárquica da organização dos instrumentos de coleta de dados	46
Figura 12 - Estrutura da proposição	48
Figura 13 - Exemplificação do MC individual - “Aluno 17” que se assemelha com mapa mental	59
Figura 14 - Exemplo de análise estrutural de MC individual - “Aluno 22”	60
Figura 15 - Exemplo de análise estrutural de MC Grupo - “Alunos 10, 11 e 27”	64
Figura 16 - (foto superior) fazendo um led acender; (foto inferior) exibição do vídeo sobre radiação	69
Figura 17 - Apresentação dos experimentos aos alunos no segundo encontro	71

Figura 18 - Questionário inicial - 1ª parte	72
Figura 19 - Nuvem de palavras do tema Infravermelho produzido com as respostas dadas pelos alunos no questionário inicial	73
Figura 20 - Questionário inicial - 2ª parte	76
Figura 21 - Questionário de opinião - 1ª parte	79
Figura 22 - Questionário de opinião - 2ª parte	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Autores que contribuíram para a escrita da sequência didática	19
Tabela 2 - Composição curricular da 2ª Série do EM para o componente de Física	39
Tabela 3 - Relação entre critérios e níveis na análise estrutural de Mapa Conceitual	53
Tabela 4 - Quadro para avaliação topológica dos mapas conceituais	54
Tabela 5 - Avaliação MC individual do Aluno 22	61
Tabela 6 - Avaliação MC Grupo da figura x	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. CAPÍTULO DE FÍSICA	19
2.1. A FÍSICA DO INFRAVERMELHO	20
2.2. EQUAÇÕES DE MAXWELL	20
2.3. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS	22
2.4. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	24
2.5. ENERGIA RADIANTE	26
2.6. RADIAÇÃO INFRAVERMELHO	28
3. REFERENCIAL TEÓRICO	30
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
4.1. OBJETIVOS	35
4.1.1. OBJETIVO GERAL	35
4.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
4.2. CONTEXTO DO ESTUDO E SUJEITOS	36
4.3. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA COM BASE NA BNCC E DO CURRÍCULO ESTADUAL	38
4.4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	41
4.4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA APLICAÇÃO	43
4.4.2. MOTIVAÇÃO DA AULA INTRODUTÓRIA	44
4.5. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	46
4.5.1. DIÁRIO DE BORDO	48
4.5.2. MAPAS CONCEITUAIS	48
4.5.2.1. VALIDAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS	50
4.5.2.2. TAXONOMIA TOPOLÓGICA	51
4.6. QUESTIONÁRIOS	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
5.1. MAPAS CONCEITUAIS	59
5.1.1. MAPA CONCEITUAL INDIVIDUAL	59
5.1.2. MAPA CONCEITUAL EM GRUPO	64
5.2.1. DIÁRIO DE BORDO DOS ALUNOS	68
5.3. QUESTIONÁRIOS	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	84

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICE	90

1. INTRODUÇÃO

A minha relação com a Radiação iniciou em 2014 quando ingressei no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). O programa me possibilitou o meu primeiro contato com a sala de aula, em que passei a desenvolver oficinas, aulas e experimentos para intervir junto ao professor nas aulas de Física do Ensino Médio de uma Escola Estadual. Ao longo dos 3 anos que estive no programa como bolsista, muitos assuntos foram abordados e muitas atividades foram aplicadas, dentre elas uma que envolvia a Radiação. Dessa aplicação, o nosso grupo escreveu e submeteu em uma revista digital um trabalho sobre um “Método Alternativo para o Ensino de Radiação”. Nessa situação, em específico, tratamos de diversos assuntos que envolviam as Radiações Ionizantes, Radiações Não-ionizantes e seus efeitos biológicos sobre o corpo humano. Nas explanações teóricas utilizamos o desenho famoso do “Incrível Hulk” a fim de desmistificar os sentidos comuns por trás dessa filmografia. Obtivemos bons resultados dessa pesquisa, sobretudo em termos motivacionais.

A partir desse contato, a vontade de explorar, ainda mais, o tema de outras perspectivas, permaneceram presentes em mim. Assim que ingressei no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFís) esse desejo foi revivido, e nas orientações sugeriram as sugestões de experimentação com as placas de Arduino e os sensores infravermelhos. As ideias se casaram e demos continuidade ao projeto pensando em metodologias e referenciais teóricos que pudessem ser trabalhados dentro do nosso ponto inicial. Antigamente as metodologias ativas não eram tão discutidas e conversadas dentro da academia, diferentemente de hoje que não se fala tanto nisso, então, com a finalidade de conhecer mais sobre o assunto iniciei um curso de Educador Maker, ao longo do progresso a Aprendizagem Criativa sobreveio e iniciei o aprofundamento nessa metodologia. Paralelo a isso, com a necessidade de pensarmos em como poderíamos acompanhar os delineamentos da pesquisa, meu orientador comentou e sugeriu os mapas conceituais. Algumas dissertações e artigos foram lidas e um curso foi feito para que pudéssemos definir enfim pela utilização desse organizador gráfico. A partir disso, o nosso projeto foi erguido. Outros elementos foram agregados, como as ferramentas: diário de bordo e questionário, pensados para complementarem a nossa visão acerca da sequência didática e os indícios de aprendizagem. Com isso, nosso problema de pesquisa surgiu: “Como a

Aprendizagem Criativa pode contribuir para a aquisição de conceitos de Radiação Infravermelha com o auxílio de tecnologias educacionais?”.

Utilizar metodologias que minimizem o desinteresse e a desmotivação dos alunos torna-se cada vez mais necessário. Desde quando a Pandemia começou, as pessoas estão se aproximando cada vez mais das tecnologias, sobretudo os alunos em sala de aula levaram objetos eletrônicos consigo mesmos. Apesar de notarmos uma modernidade do público e até mesmo da vida cotidiana, a escola e o próprio sistema educacional pouco evoluíram nesse ínterim. Ainda percebemos bases fundamentadas em métodos tradicionais enquanto os alunos clamam pela necessidade de mudança. Consoante a isso, sabemos que

parte da motivação para mudar é econômica. O ambiente de trabalho atual passa por transformação radical. Muitas profissões e cargos estão desaparecendo à medida que computadores e robôs assumem tarefas rotineiras (e inclusive outras menos comuns), e quase todos os trabalhos estão mudando, uma vez que as pessoas e os locais de trabalho devem se adaptar continuamente a um fluxo constante de novas tecnologias, fontes de informações e canais de comunicação. (RESNICK, 2020, p. 4)

Por que não a escola mudar a forma de ensinar? O pedagogo alemão, com raízes na escola Pestalozzi, Friedrich Wilhelm August Fröbel (1782-1852) percebeu, em 1837, que as escolas eram baseadas em uma abordagem de transmissão, em que os professores “detinham” o conhecimento e os alunos apenas copiavam as informações advindas deles. Não havia discussões ou o estímulo do pensamento crítico. Assim, Froebel viu que para crianças (com cerca de 5 anos) esse sistema não funcionava e era melhor adotar uma abordagem mais interativa, condizente com a sua realidade de vida, nascendo daí o jardim de infância. As crianças passaram a ter a oportunidade de interagir com seus brinquedos, tintas, materiais dourados e táteis, entre outros (RESICK, 2020). Anos mais tarde percebemos que essa tendência não deve se restringir somente às séries iniciais; adolescentes, jovens e adultos podem ter uma abordagem pedagógica mais próxima do jardim de infância. Há muitas possibilidades de aprendizagem e um melhor desenvolvimento da compreensão sobre estruturas mais estabilizadas, visto que o processo criativo começa no desenvolvimento do pensador criativo (RESICK, 2020).

Infelizmente, após o jardim de infância, a maioria das escolas se distancia da espiral da aprendizagem criativa. Os estudantes passam grande parte do tempo sentados em suas cadeiras preenchendo planilhas e ouvindo lições, seja de um professor na sala de aula, seja de um vídeo no computador. Na maioria das vezes, as escolas enfatizam a transmissão de instruções e

informações em vez de auxiliar os estudantes no processo de aprendizagem criativa. (RESNICK, 2020, p. 12)

Ainda vivemos sob um contexto escolar do qual é comum a fragmentação das ciências e a falta de conexão com a vida do estudante, logo, a maneira como o professor conduz a disciplina é determinante no rendimento do estudante ao longo do ano letivo. Bonadiman et al. (2007, p. 196) aponta que um dos fatores para o afastamento da disciplina é “(...) o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual”. Para o Ensino de Física, estratégias metodológicas que envolvem os alunos e os possibilitam experimentar enquanto aprendem, mostram-se muito eficazes quando comparadas com abordagens tradicionais. Sendo assim,

muitas das dificuldades enfrentadas pelo professor de Física em sala de aula, principalmente as relacionadas com a questão do gostar e do aprender, a nosso ver podem ser contornadas por ele mesmo, com o auxílio de uma metodologia adequada de ensino. (BONADIMAN et al., 2007, p. 197)

O Ensino de Física a partir de experimentos é um exemplo, porém dentro da perspectiva vygotskyana a busca do conhecimento não pode ser feita de qualquer maneira. Segundo Gaspar (2014), às implicações pedagógicas da teoria de Vygotsky também são válidas para o ensino experimental, porém para que o conteúdo seja ensinado e aprendido é preciso ter interação social e a participação do professor ou de um parceiro mais capaz que domine cognitivamente o conteúdo. Além disso,

Outro ponto de relevância no Ensino da Física dentro da perspectiva de Vygotsky, voltado para o social, é a função da linguagem no desenvolvimento mediado. O contato dos alunos com os signos e símbolos relacionados ao seu meio favorece o processo de internalização dos conhecimentos. (ROSA et al., p. 5, 2004)

Para o Ensino de Física, em específico, há diversas maneiras motivadoras e divertidas de ensinar os conteúdos base sem comprometer o currículo. Segundo Resnick (2014) para os jovens serem bem-sucedidos, eles devem aprender a desenvolver soluções inovadoras para os problemas inesperados que, sem dúvida, surgirão em suas vidas, logo, o ensino deve guiá-los na busca desse caminho. A aprendizagem criativa é baseada em quatro princípios, o 4 P's da Aprendizagem Criativa: Projetos, Pares, Paixão e Pensar Brincando. Enquanto os alunos se desenvolvem em suas criações, eles se envolvem no espiral de criatividade:

Eles imaginam o que querem fazer, criam um projeto com base em suas ideias, brincam com suas criações, compartilham suas ideias e criações com

outras pessoas, refletem sobre suas experiências – e tudo isso os leva a imaginar novas ideias e projetos. (REVISTA DE APRENDIZAGEM CRIATIVA FABER-CASTELL, 2019, p. 9)

Esse espiral não cessa, é um processo contínuo em que os alunos se desenvolvem como pensadores criativos enquanto trabalham em seus projetos, por exemplo, o caso do Arduino.

A espiral de aprendizagem criativa é o motor do pensamento criativo. À medida que as crianças do jardim de infância percorrem a espiral, elas desenvolvem e refinam suas habilidades como pensadoras criativas, aprendem a desenvolver as próprias ideias, testá-las, experimentar alternativas, obter as opiniões de outras pessoas e criar ideias baseadas em suas experiências. (RESNICK, 2020, p. 12)

Mitchel Resnick sugere que, para avaliar o processo de criatividade, a melhor maneira de se proceder é a partir de métodos não quantitativos, utilizando portfólios.

Em vez de tentar avaliar o que as crianças aprenderam por meio de exames com respostas do tipo certo/errado, devemos trabalhar com elas para documentar seus projetos, ilustrando o que elas criaram, como criaram e por quê criaram. Professores e outras pessoas poderão, dessa forma, analisar esses portfólios e dar às crianças sugestões e *feedback* sobre seus projetos e processos de aprendizagem. (RESNICK, 2020, p. 140)

Para a presente dissertação e a fim de responder nosso problema de investigação da pesquisa, apresentamos como objetivo geral: Produzir, aplicar e analisar uma sequência didática com base no Novo Currículo do Espírito Santo e Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a fim de oportunizar a construção de conceitos físicos sobre Radiação Infravermelha por parte de estudantes do Ensino Médio, alicerçada na Aprendizagem Criativa a partir de atividades mediadas, colaborativas e criativa. Dessa forma, nossos objetivos específicos são: (i) Verificar se os alunos consideraram adequada a sequência de aulas desenvolvida, para melhor compreensão dos conceitos físicos discutidos; (ii) Desenvolver e disponibilizar um tutorial para professores, mostrando o passo a passo dos instrumentos desenvolvidos.

2. CAPÍTULO DE FÍSICA

Para que fosse possível discutir a Radiação Infravermelha, na construção desta seção, utilizamos autores que discutem a Física em nível superior apoiado no currículo do Estado do Espírito Santo, que é alinhado à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, com o propósito de desenvolver a fundamentação teórica por trás da preparação da sequência didática. Destacamos, portanto, o trabalho acadêmico de Gama (2016), Coelho (2019) e Neves (2019), desenvolvidos no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do Centro de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Espírito Santo. Cada uma delas contribuiu de uma maneira particular e indireta ao tema para dar suporte e subsídio na escrita desta parte. No quadro abaixo é possível ver os objetivos de cada trabalho.

Tabela 1 - Autores que contribuíram para a escrita da sequência didática.

AUTOR	OBJETIVOS GERAIS
Gama (2016)	Investigar a introdução da Física Quântica na 2ª Série do Ensino Médio por meio do estudo da Natureza da Luz, por meio de uma abordagem inspirada na perspectiva interacionista da teoria de Vigotski (2004, 2007, 2009).
Coelho (2019)	Analisar o processo de construção de conhecimentos científicos dos estudantes da 1ª série do ensino médio, sobre os benefícios e riscos das radiações com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) articulado à perspectiva investigativa.
Neves (2019)	Elaborar uma sequência didática (SD) sobre Eletromagnetismo, como apoio ao uso do livro didático adotado pela Escola Estadual de Ensino Médio Professor Renato José da Costa Pacheco (ERP) em 2017, tomando como referência princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), estratégias de motivação dos alunos e a técnica de Instrução pelos Colegas (IpC) e buscar efeitos de sua utilização com alunos da escola em questão.

Fonte: Elaboração própria.

Dito isso, essas dissertações servem de apoio para transcorrer sobre a radiação infravermelha à luz da Física. Os assuntos nelas previstos não são diretamente sobre a radiação térmica aqui discutida, mas as são temáticas afins, de modo que ajudam a construir o pensamento proposto.

2.1. A FÍSICA DO INFRAVERMELHO

O Novo Currículo Básico da Escola Estadual para o Ensino Médio insere o estudo das radiações na 2ª Série do Ensino Médio correlacionada com o objeto de conhecimento do Espectro Eletromagnético e não traz em específico os tópicos que o professor, obrigatoriamente, precisa abordar, se atendo apenas às habilidades a serem desenvolvidas. Esse assunto é bastante extenso, o que permite vários caminhos e exposições do conteúdo, o que possibilita a livre escolha do docente em relação à maneira como esse tema será apresentado aos alunos, no entanto, sempre respeitando as competências e habilidades que se objetiva alcançar com o conteúdo escolhido.

Dessa forma, o capítulo de Física ficará dividido nos seguintes tópicos: 1) Equações de Maxwell; 2) Ondas eletromagnéticas; 3) Espectro eletromagnético; 4) Energia radiante; 5) Radiação Infravermelha. Apresentaremos a seguir o desenvolvimento de cada seção supracitada, juntamente com seus respectivos referenciais para o embasamento teórico.

2.2. EQUAÇÕES DE MAXWELL

Os fenômenos eletromagnéticos decorrem de um conjunto de equações fundamentais para descrever como as cargas e correntes elétricas se comportam como fontes dos campos elétrico e magnético, além de demonstrar como esses campos variam no decurso do tempo. “Elas constituem a base para o funcionamento de dispositivos eletrônicos, como motores elétricos, transmissores e receptores de televisão, telefones, aparelhos de radar e fornos microondas” (HALLIDAY et al., 2009, p. 350). O que, conseqüentemente, contribuiu para uma revolução tecnológica no final do século XIX.

As equações de Maxwell no vácuo são constituídas por um conjunto de quatro equações, que são as leis de Gauss (1), de Gauss do magnetismo (2), de Maxwell-Ampère (3) e de Faraday (4) válidas para situações dinâmicas, da qual há movimento de cargas.

$$\oint_S E \cdot dA = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\oint_S B \cdot dA = 0 \quad (2)$$

$$\oint_C B \cdot dl = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \int_S \frac{\partial E}{\partial t} \cdot dA \quad (3)$$

$$\int_C E \cdot dl = - \int_S \frac{\partial B}{\partial t} \cdot dA \quad (4)$$

A teoria construída para a descrição dos fenômenos eletromagnéticos possui uma estrutura formal e uma lógica intrínseca que privilegia a noção de os campos eletromagnéticos agem como mediadores das interações eletromagnéticas (DIONÍSIO, 2010). As equações de Maxwell trouxeram grandes contribuições para o científico, como: 1) colocar as leis na linguagem matemática; 2) verificar que a lei de Ampère não valia em situações dinâmicas (em regimes que as correntes elétricas não são estacionárias) e assim dar uma nova formulação com validade irrestrita; e por fim 3) antever que o conjunto de equações abrigava, todo o eletromagnetismo e analisar todas as consequências dessas implicações (CHAVES, 2007).

Precisamos ressaltar ainda que por mais que as equações de Maxwell não mencione as forças que os campos eletromagnéticos exercem sobre as cargas, elas se sujeitam a esses campos e sofrem a força de Lorentz, que é dada por (CHAVES, 2007)

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (5)$$

Portanto, as equações de Maxwell e a expressão para a força eletromagnética, equação (5), descrevem toda a eletrodinâmica.

Primeiro, na presença de cargas elétricas, surgem os campos. Depois, os campos encarregam-se de agir sobre outras cargas elétricas. Então, primeiro necessitamos de equações que, dadas as fontes (cargas elétricas em repouso ou em movimento), permitam obter os campos. Este é o papel das equações de Maxwell. Depois precisamos saber como agem os campos sobre as cargas elétricas. Isto é dito pela equação da força de Lorentz. (DIONÍSIO, 2010, p. 4302-10)

“Qualquer tentativa de se obter tal justificativa com base na regra do fluxo, incorre de imediato, em um erro de princípio, pois a regra refere-se explicitamente a circuitos fechados” (DIONÍSIO, 2010, p. 4302-12). Para além disso, “(...) Maxwell

mostrou que essas equações podem ser combinadas para fornecer uma equação de onda para os vetores campo elétrico e magnético. Demonstrou que a luz é uma onda eletromagnética, onda da qual os campos elétricos e magnéticos propagam-se no espaço, oscilando e induzindo-se mutuamente (CHAVES, 2007). Tais ondas eletromagnéticas são causadas por cargas aceleradas” (TIPLER & MOSCA, 2006, p. 339). Dessa forma, Maxwell conseguiu mostrar que as equações eram capazes de prever que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas e também da luz, possuíam o seguinte resultado:

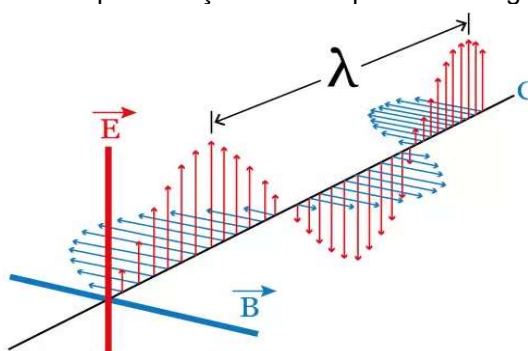
$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (6)$$

Sendo que, ϵ_0 é a permissividade do espaço livre e μ_0 é a permeabilidade do espaço livre. Com esses valores foi possível definir que o valor de c como, $2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$, do qual foi comprovado experimentalmente por Heinrich Hertz e mais tarde proposta por Einstein como a mesma em todos os referenciais.

2.3. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

A onda eletromagnética é composta por um campo magnético e um campo elétrico, perpendiculares entre si. Essas ondas se propagam com a mesma velocidade que a luz visível, c , e “é verdade que podem existir no interior de um material, mas também podem se propagar perfeitamente no vácuo do espaço que nos separa das estrelas” (HALLIDAY *et al.*, 2009, p. 6). A figura 1, abaixo, mostra como esses campos se relacionam e se propagam no espaço.

Figura 1 - Representação dos campos eletromagnéticos



Fonte: Educa mais Brasil.¹

Várias propriedades das ondas eletromagnéticas podem ser visualizadas, independentemente de como se dá a sua origem. Destaca-se, portanto, que:

- 1) Os campos elétrico e magnético são perpendiculares à direção de propagação da onda. (...) Isso significa que a onda é uma onda transversal.
- 2) O campo elétrico é perpendicular ao campo magnético.
- 3) O produto vetorial $\vec{E} \times \vec{B}$ aponta no sentido de propagação da onda.
- 4) Os campos variam senoidalmente, como as ondas transversais. Além disso, os campos variam com a mesma frequência e estão em fase (HALLIDAY *et al.*, 2009, p. 4)

Além disso, assim como as outras ondas, as ondas eletromagnéticas preservam as características de: difração, reflexão, refração e interferência; bem como a capacidade de transportar energia e quantidade de movimento, para fornecê-la a um corpo. Dessa maneira,

Praticamente toda a troca de energia entre a Terra e o resto do Universo ocorre por radiação, que é a única que pode atravessar o relativo vazio do espaço. O sistema Terra-atmosfera está constantemente absorvendo radiação solar e emitindo sua própria radiação para o espaço. Numa média de longo prazo, as taxas de absorção e emissão são aproximadamente iguais, de modo que o sistema está muito próximo ao equilíbrio radiativo. A radiação também tem papel importante na transferência de calor entre a superfície da Terra e a atmosfera e entre diferentes camadas da atmosfera. (GRIMM, 1999)

O vetor de Poynting representa a densidade de corrente de energia elétrica, ou seja, a taxa de transporte de energia por unidade de área, conforme equação abaixo:

$$\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0} \quad (7)$$

¹ ROSA, J. **Educa Mais Brasil**. [S.l.]. Educa + Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/ondas-eletromagneticas>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

Logo, as ondas eletromagnéticas são uma forma de energia em trânsito, assim como o calor é energia térmica em trânsito. Portanto, "a radiação é uma forma de energia, emitida de uma fonte e transmitida através do vácuo, do ar ou de meios materiais" (OKUNO; YOSHIMURA, 2010, p. 11). Podemos observar na natureza dois tipos de propagação dessa energia, por meio de radiações corpusculares (partículas atômicas ou subatômicas energéticas) e as radiações ondulatórias (ondas eletromagnéticas).

2.4. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

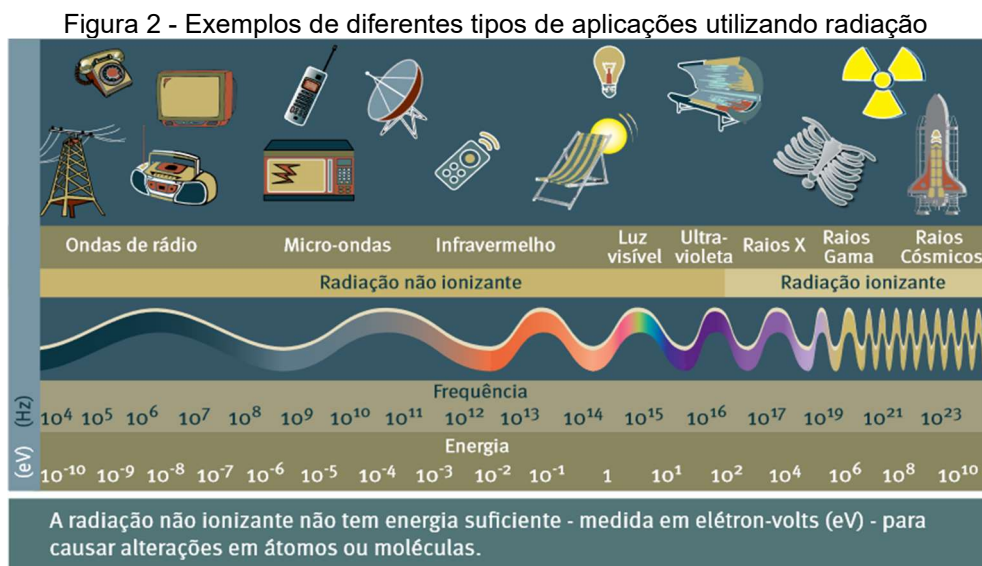
Existem diversos tipos de ondas de radiação e o fator que as diferenciam é a frequência (f) em decorrência do comprimento de onda (λ). A frequência e o comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais, portanto, ondas com baixa frequência possuem alto comprimento de onda e vice-versa. É possível acomodar todas essas ondas em um espectro que se estende desde ondas de baixa frequência até as de alta frequência, sendo que "(...) cada traço representa uma variação do comprimento de onda (e da frequência) de um fator de 10. As extremidades da escala estão abertas; o espectro eletromagnético não tem limites definidos" (HALLIDAY et al, 2009, p. 3), conforme mostrado na figura 2.

Essas faixas são normalmente mal definidas e, algumas vezes, se superpõem. Por exemplo, as ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda de aproximadamente 0,1 nm são usualmente chamadas de raios X, mas se as ondas eletromagnéticas se originam da radioatividade nuclear elas são chamadas de raios gama. (TIPLER & MOSCA, 2006, p. 344)

Independentemente da posição em que cada onda se situe, ela se propaga no espaço livre com a mesma velocidade c .

Já se detectou ondas eletromagnéticas com frequências abaixo de 0,01 hertz (Hz). Ondas eletromagnéticas com frequências de vários milhares de hertz (kHz) são classificadas como ondas de rádio de frequência muito baixa. Uma frequência de milhão de hertz (MHz) situa-se no meio da banda de rádio AM. A banda de frequências muito altas (VHF, do inglês Very High Frequencies) das ondas de televisão começam em cerca de 50 MHz, e a de rádio FM vai de 88 a 108 MHz. Depois vêm as frequências ultra-altas (UHF, do inglês Ultra High Frequencies), seguidas das micro-ondas, além das quais encontramos as ondas infravermelhas, costumeiramente chamadas de "ondas de calor". Além dessas, se encontram as frequências da luz visível, que constituem menos do que 1 milionésimo de 1% do espectro eletromagnético medido. (HEWITT, 2015, p. 489)

Além disso, as diversas faixas de frequência presentes no espectro eletromagnético refletem a capacidade de interação da onda com a matéria, e assim as radiações são classificadas em ionizantes e não-ionizantes.



Fonte: UNEP - Radiação: efeitos e fontes².

A radiação ionizante é capaz de arrancar um elétron de um átomo ou molécula pois possui uma grande quantidade de energia.

O termo radiação ionizante refere-se a partículas capazes de produzir ionização em um meio, sendo diretamente ionizantes as partículas carregadas, como elétrons, pósitrons, prótons, partículas α , e indiretamente ionizantes as partículas sem carga, como fótons e nêutrons. (OKUNO; YOSHIMURA, 2010, p. 16)

O processo de ionização torna o átomo positivamente ou negativamente carregado por meio do ganho ou perda de elétrons. Essa ação dá origem a um novo átomo carregado chamado de íon.

Do contrário da radiação ionizante, a radiação não-ionizante é incapaz de ionizar átomos e moléculas com as quais interagem, pois não possuem energia suficiente para tal. Porém, podem quebrar moléculas e ligações químicas com a energia envolvida nesse processo. São exemplos de radiações não-ionizantes: ondas de rádio, micro-ondas, luz visível, infravermelho etc.

² CRICK, Malcolm et al. (ed.). **Radiação: efeitos e fontes**. Estados Unidos. 2016. E-book (68p.) (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). color. ISBN: 978-92-807-3604-5. Disponível em: <<http://www.aben.com.br/Arquivos/544/544.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2021.

2.5. ENERGIA RADIANTE

Calor e temperatura estão em patamares conceituais diferentes, ainda que pareça haver similaridade. Enquanto o primeiro se trata de uma energia térmica em trânsito, o outro “está associado a uma propriedade comum de sistemas em equilíbrio térmico” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 158). Contudo, essas grandezas se relacionam durante o fenômeno físico visto que “calor é a energia transferida de um sistema para o ambiente ou vice-versa devido a uma diferença de temperatura” (HALLIDAY et al., 2009, p.190). A energia radiante é a radiação transmitida sem movimento de massa, da qual não necessariamente precisa de um meio material para a onda de calor se propagar, a transferência pode ocorrer no vácuo, pois se trata de uma radiação eletromagnética.

A radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura é chamada *radiação térmica*. Todo corpo emite esse tipo de radiação para o meio que o cerca, e dele a absorve. Se um corpo está inicialmente mais quente do que o meio, ele irá se esfriar, porque sua taxa de emissão de energia excede à taxa de absorção. Quando o equilíbrio térmico é atingido, as taxas de emissão e absorção são iguais. (EISBERG & RESNICK, 1979, p. 20)

Nem toda energia radiante é visível, mas pode ser detectada como uma sensação de calor na pele. Apenas fótons dentro de uma faixa muito pequena de energias podem ser vistos pelos seres humanos, e quando isso ocorre é porque se encontra no espectro da luz visível. A radiação infravermelha é um exemplo de energia radiante, sendo que possui comprimento de onda maior do que a luz visível, e mais curta do que as ondas de rádio. A energia infravermelha é sentida como calor porque interage com as moléculas excitando-as, fazendo com que elas se movam mais rapidamente, o que aumenta a temperatura interna do objeto absorvendo a energia infravermelha. Para serem detectadas nesse nível, necessitam de dispositivos sensíveis a esse tipo de radiação.

Com base nisso, um dos projetos desenvolvidos na sequência didática (SD) consistia na construção de um termômetro infravermelho feito a partir de uma placa de Arduino (figura 3), capaz de sentir o calor emitido pelos corpos.

Figura 3 - Proposta experimental do produto educacional: Termômetro infravermelho feito com placa de Arduino.



Fonte: Elaboração própria.

Embora todos os comprimentos de onda de energia radiante aqueçam as superfícies que os absorvem, a Radiação Infravermelha é mais comum na vida cotidiana por causa dos “objetos comuns”, como o corpo humano e a luz solar, que a emite como calor radiante (radiação térmica).

Em temperaturas moderadas (abaixo de 600 °C), a radiação térmica emitida pelos corpos não é visível; a maior parte da energia está concentrada em comprimentos de onda muito maiores que os da luz visível. Quando um corpo é aquecido, a quantidade de radiação térmica emitida aumenta e a energia irradiada se estende a comprimentos de onda cada vez menores. Entre 600 e 700 °C, existe energia suficiente no espectro visível para que o corpo comece a brilhar com luz própria, vermelho-escuro. Em temperaturas mais elevadas, o objeto brilha com luz vermelho-clara ou mesmo branca. (TIPLER & LLEWELLYN, 2014, p.78)

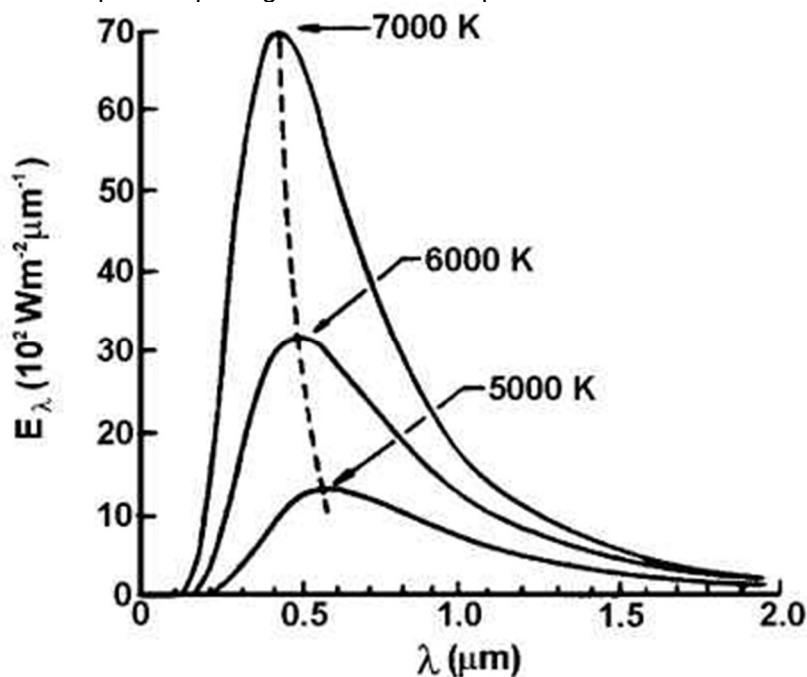
A forma como essa energia é emitida é explicada pela Lei de Stefan-Boltzmann, que a partir de sua relação matemática mostrou que a transferência de calor depende apenas da temperatura do corpo, de acordo com a fórmula abaixo:

$$R = \sigma \cdot T^4$$

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} C/m^2K^4$ é a constante que define a potência irradiada (R) por um objeto dada uma temperatura (T), chamada de **constante de Stefan-Boltzmann**. “Há um tipo de corpo quente que emite espectros térmicos de caráter universal. Esses corpos são chamados de *corpos negros*, isto é, corpos cujas superfícies absorvem toda a radiação térmica incidente sobre eles” (EISBERG & RESNICK, 1979, p. 20)

A lei do Deslocamento de Wien indica em qual comprimento de onda a intensidade da radiação emitida por um corpo negro atinge seu ponto máximo, logo, segundo Einsberg & Resnick (1979), o espectro se desloca para maiores frequências à medida que a temperatura aumenta. O espectro de distribuição da radiação cria a forma característica das curvas de radiação de corpo negro, conforme a figura 4.

Figura 4 - Representação gráfica do Deslocamento de Wien para irradiância monocromática para corpo negro a diversas temperaturas.



Fonte: Meteorologia Básica. GRIMM, A. M. (1999)

2.6. RADIAÇÃO INFRAVERMELHO

Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822) foi um astrônomo e compositor alemão que ficou conhecido pela descoberta do planeta Urano e também da radiação infravermelha. Ao realizar as suas observações no telescópio, percebeu um aquecimento a partir da interação entre a radiação solar e as lentes de seu instrumento óptico, intrigando-o.

Herschel utilizou várias combinações de vidros diferentemente escurecidos. Ao usar alguns deles, ele sentiu uma sensação de calor, embora tivesse pouca luz; enquanto outros iluminavam melhor (forneciam mais luz), com pouca sensação de calor. (OLIVEIRA; SILVA, 2014, p.4603-2)

Nessa época a ideia de radiação ainda não se encontrava bem consolidada. Acreditava-se, até então, que radiação era um feixe de raios luminosos que se

propagavam em linha reta. Além disso, tinha noção que algumas regiões visíveis do espectro tinham mais propensão de perceber esse calor. Consoante a isso,

Herschel observa que na decomposição do espectro da luz solar, a região após o vermelho é a que parece provocar maiores alterações de temperatura. Isso o leva a concluir que poderia haver raios luminosos que não eram perceptíveis a visão (raios invisíveis), mas que produzem calor. (OLIVEIRA; SILVA, 2014, p.4603-2)

Para verificar esse fenômeno, Herschel construiu um aparato experimental para estudar o calor nessa faixa do espectro e se esse tipo de radiação possuía as mesmas propriedades que a luz. Sendo assim, “apesar de Herschel não ter interpretado apropriadamente a natureza da radiação térmica, uma vez que ele considerou luz diferente de calor radiante, ele trouxe um enorme ímpeto para estudos nesta área” (OLIVEIRA; SILVA, 2014, p.4603-10). Isso pode ter sido ocasionado pela limitação matemática e científica desse campo que não era o de Herschel.

Com os caminhos desbravados por ele, foi possibilitado que estudos nesse campo fossem desenvolvidos, dando um tratamento mais moderno ao espectro eletromagnético.

O espectro de emissão de radiação por um corpo depende de sua temperatura. À temperatura ambiente, os corpos não emitem radiação na região visível do espectro eletromagnético, mas sim na região do infravermelho. É esse efeito que torna possível o imageamento dos corpos com pouca luz visível [...]. (MICHA et al., 2011, p. 1501-2)

Hoje as possibilidades que a Radiação Infravermelha proporciona à sociedade são inúmeras, desde contribuições na comunicação entre eletrônicos até mapeamento de temperatura corporal para fins militares e medicinais. Dessa forma, como os olhos humanos são incapazes de detectar esse tipo de radiação, "faz-se necessário o estudo de sensores apropriados para a radiação infravermelha [...]. São esses sensores que nos dão o poder de ver o invisível". (MICHA et al., 2011, p. 1501-2)

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho se alicerça na Aprendizagem Criativa (AC) de Mitchel Resnick. Para esta proposta de intervenção educacional, a AC contribui de maneira única à forma como o professor irá mediar os educandos, e aos estímulos oferecidos a eles para que desenvolvam habilidades de protagonismo criativo e autonomia na busca do seu próprio conhecimento. Hoje, ainda em pandemia, e como todas as mudanças que ela causou nas nossas vidas e sobretudo dentro das escolas, vivemos uma realidade em que se faz necessária a maior inserção de tecnologias educacionais e a urgência de inovar as formas tradicionais de ensinar para que possamos atingir aos nossos objetivos didático-pedagógicos. Sobre isso, é sabido que

vivemos em um mundo que muda com uma velocidade constante. As crianças de hoje enfrentarão um fluxo contínuo de novos problemas e desafios inesperados no futuro, de modo que, muito do que elas aprendem hoje cairá em desuso amanhã. Deste modo, para se tornarem bem-sucedidas, elas deverão aprender a desenvolver soluções inovadoras para os problemas inesperados que surgirão. (GUARDA *et al.*, 2019, p. 138)

A busca por uma aprendizagem criativa não é algo recente, o maior defensor dessa linha foi Seymour Papert (1928-2016). Ele defendia uma educação em que o educando construísse o seu próprio conhecimento por intermédio do computador.

O professor Seymour Papert é um dos fundadores do laboratório de inteligência artificial do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Foi pioneiro no estudo do uso de computadores na educação. Desenvolveu, no final dos anos mil novecentos e sessenta, a linguagem *Logo*, que fazia uso da programação de computadores no aprendizado da criança. Nos anos 1980, Papert desenvolveu o brinquedo *Logo-Logo*, uma espécie de robô infantil, que faz uso de motores, sensores e outros componentes eletrônicos nos mundialmente consagrados blocos Lego. (DE ANCHIETA SILVEIRA, 2016, p. 120)

O construcionismo de Papert é uma abordagem do construtivismo de Piaget, porém utilizando tecnologias e também com influências de Lev Vigotsky, Montessori, John Dewey e Paulo Freire. Papert para que pudesse elaborar sua concepção de Construcionismo, se aprofundou na Teoria Construtivista de Piaget e Vigotsky, mas se distanciou da Psicologia do Desenvolvimento, passando a projetar uma teoria mais voltada para a intervenção pedagógica (DE ANCHIETA SILVEIRA, 2016). Foram os ideários de Papert que anos mais tarde inspirou Mitchel Resnick junto a seu grupo Lifelong Kindergarten do MediaLab, MIT (Massachusetts Institute of Technology) a lançar, em 2007, o Scratch.

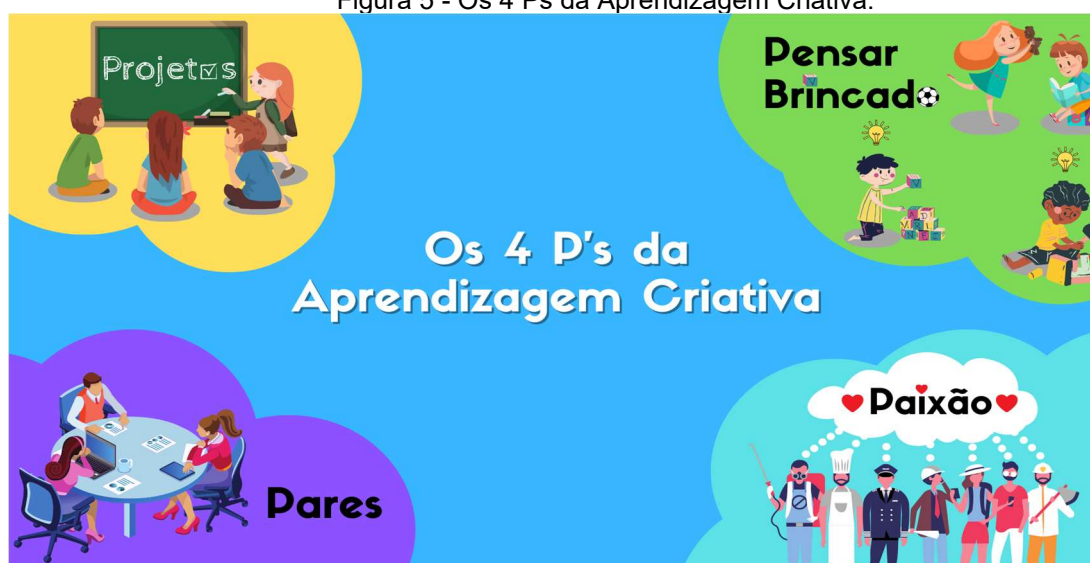
Mitchel Resnick defende a criação de ambientes educacionais mais criativos, lúdicos e relevantes para os estudantes.

(...) é necessário ajudar os jovens a crescerem como pensadores criativos e as novas tecnologias de informação e comunicação podem contribuir muito na implementação de ambientes de AC, promovendo uma postura ativa dos estudantes, não como consumidores da informação, mas como seus próprios criadores. (GUARDA *et al.*, 2019, p. 139)

A abordagem de Resnick é baseada em quatro princípios, conforme a Figura 4, chamados de 4 Ps da Aprendizagem Criativa: projetos, paixão, pares e pensar brincando. Resnick (2014, s/p) define:

- **Projetos:** Aprendemos melhor quando trabalhamos ativamente em projetos significativos, criando novas ideias, desenvolvendo protótipos e refinando o trabalho por meio da repetição;
- **Parcerias:** O aprendizado prospera quando é feito como uma atividade social, com pessoas compartilhando ideias, colaborando em projetos e ajudando no trabalho umas das outras;
- **Paixão:** Quando as pessoas trabalham em projetos pelos quais têm interesse, elas trabalham por mais tempo e se esforçam mais, persistem diante dos desafios, e aprendem mais nesse processo;
- **Pensar Brincando:** Aprender envolve experiências divertidas, ou seja, testar coisas novas, manipular diferentes materiais, testar limites, assumir riscos, repetir algo várias vezes.

Figura 5 - Os 4 Ps da Aprendizagem Criativa.

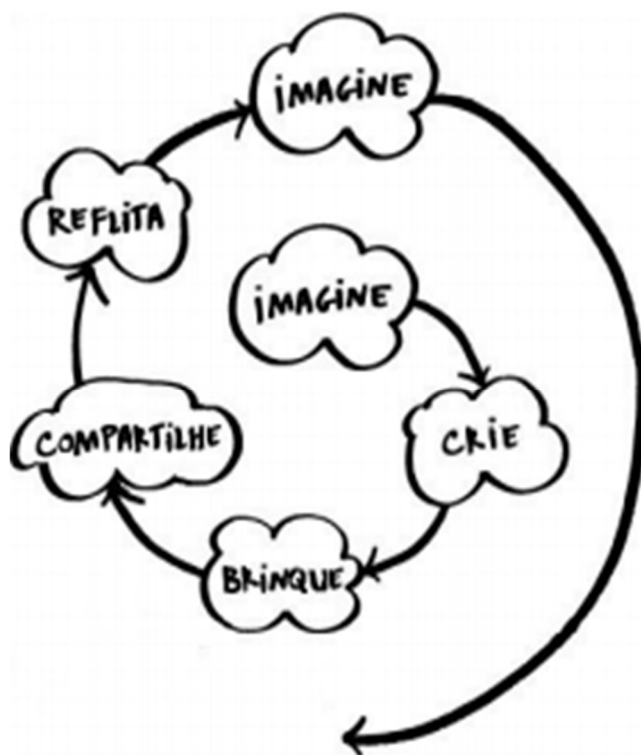


Fonte: Elaboração própria.

Fundamentada nesses princípios, é possível idealizar o “aprender fazendo” como uma possibilidade de resgatar o compromisso da participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento proveniente da Aprendizagem Criativa. Com a “mão na massa”, herança da cultura *Maker*, participantes dos experimentos se engajam na elaboração de invenções que dão destaque a ideias e a pensamentos. A partir dessa perspectiva, foi pensado uma forma para introduzir conteúdos introdutórios de lógica de programação, sem que os alunos percebessem que já estão “aprendendo brincando” em projetos que despertam o seu próprio interesse (DE ANCHIETA SILVEIRA, 2016).

Os 4 Ps são alinhados à teoria Construcionista e o Scratch também. Quando os jovens estudantes se desenvolvem no processo criativo, se envolvem no espiral da aprendizagem criativa, apresentado na Figura 6, e assim, é repetida várias vezes à medida que avançam no refinamento das habilidades criativas.

Figura 6 - Espiral da Aprendizagem Criativa.



Fonte: Dê uma chance aos Ps: Projetos, Parcerias, Paixão, Pensar Brincando.³

³ <https://porvir-prod.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2016/11/23114623/DE%CC%82-UMA-CHANCE-AOS-Ps-.pdf>

Cada aspecto desse espiral criativo, carrega uma importância para o processo educativo visto que ele é o motor do pensamento criativo. Para Resnick (2020) cada etapa desse “caracol” funciona da seguinte maneira:

- **Imaginar:** a partir de um problema ou situação inicial, os alunos começam a imaginar, idealizar, inventar algo abstrato antes de realmente iniciar o seu projeto.
- **Criar:** imaginar não é o suficiente. Os estudantes começam a transformar o que foi idealizado em ações concretas, iniciando de fato o processo de transposição do imaginário para o real.
- **Brincar:** os discentes estão sempre dialogando, interagindo e fazendo experiências com suas criações na tentativa de desafiar a si mesmo e trazendo novas possibilidades para o projeto.
- **Compartilhar:** a divisão de tarefas dentro do grupo, de modo a aproveitar as habilidades de cada componente, possibilita um compartilhamento de ideias entre os integrantes. Cada novo acréscimo, inspira novas propostas e percepções.
- **Refletir:** o professor tem um importante papel nessa etapa. À medida que os alunos avançam em seus projetos, problemas podem surgir ao longo desse percurso. Trazer os alunos à reflexão do que pode ter dado errado, mostrar inspirações para que percebam as melhorias que podem implementar no seu experimento, possibilita uma reconstrução melhor do que a anterior.
- **Imaginar:** fundamentado nas vivências que passaram pelo espiral, os alunos imaginam novas ideias e novas orientações.

No jardim de infância os alunos percorrem esse espiral de modo mais recorrente, porém nas séries finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio observa-se uma tendência mais conteudista em que os alunos passam boa parte do tempo resolvendo equações, aplicando fórmulas matemáticas, preenchendo extensos formulários de provas internas e externas e ouvindo a reprodução de conteúdo previamente definidos pelo currículo base. Muitas vezes a própria escola evidencia a transmissão de conteúdos e informações, sem permitir que os alunos questionem o que está sendo passado, em vez de auxiliar os estudantes no processo de aprendizagem criativa (RESNICK, 2020).

Diante desse cenário supracitado, o projeto tem por finalidade motivar os estudantes a aprenderem um conteúdo de Física, Radiação Infravermelha, a partir da utilização de kits de arduino e sensores de forma criativa para possibilitar a formação de cidadãos críticos e ativos em uma sociedade em constante mudança e transformação. Santos et al. (2017) aponta que o tipo de proposta vai muito além de garantir ludicidade e interesse do aluno, mas garantir um caminho possível, não previsível e estimulante a fim de tornar o envolvimento dos discentes natural extrapolando o simples brincar.

Pretende-se obter a partir desta aplicação uma experiência exitosa que permita os grupos envolvidos no projeto mapear indícios da evolução do seu repertório conceitual de forma significativa às ações e experiências iminentes.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada nessa dissertação, alicerçou-se na Aprendizagem Criativa de Mitchel Resnick. A SD foi estruturada de modo a explorar os 4 P's da Aprendizagem Criativa, que são: Parceria ou Pares, Projetos, Paixão e Pensar brincando (figura 4).

Sendo assim, os alunos envolvidos nesse processo de aprendizagem tiveram a oportunidade de se relacionar intra e interpessoalmente, de modo colaborativo, mediados pelo parceiro mais capaz e assistidos pelo professor. Adiante, descreveremos os seguintes tópicos: objetivos estabelecidos na pesquisa; o contexto de estudo e dos sujeitos; a justificativa com base no Novo Currículo Estadual do Espírito Santo e da Base Nacional Comum Curricular; a sequência didática, como os métodos foram desenvolvidos nas etapas da pesquisa; e por fim, os instrumentos de coleta de dados.

4.1. OBJETIVOS

4.1.1. OBJETIVO GERAL

Produzir, aplicar e analisar uma sequência didática com base no Novo Currículo do Espírito Santo e Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a fim de oportunizar a construção de conceitos físicos sobre Radiação Infravermelha por parte de estudantes do Ensino Médio, alicerçada na Aprendizagem Criativa a partir de atividades mediadas, colaborativas e criativas.

4.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se os alunos consideraram adequada a sequência de aulas desenvolvida.
- Desenvolver e disponibilizar um tutorial para professores, mostrando o passo a passo dos instrumentos desenvolvidos.

4.2. CONTEXTO DO ESTUDO E SUJEITOS

No ano de 2021, a mestranda e bolsista, não possuía escola para aplicação do produto, logo, foi cedida uma turma de disciplina eletiva intitulada por “Tecnologia, robótica e programação para a vida”, na escola pública da Rede Estadual de ensino do Espírito Santo. Para que não fosse uma surpresa para os alunos a troca repentina do docente, aproximadamente um mês antes do 2º trimestre finalizar, foi feita a inserção da pesquisadora nas aulas, inicialmente observando e posteriormente auxiliando a regente durante algumas atividades realizadas em sala. Esse período de acompanhamento foi de extrema importância para que os alunos pudessem conhecer e não estranhar a mudança que estava por vir. Assim, seguiu dessa maneira até o início do 3º trimestre, em que a troca efetivamente se estabeleceu e os alunos tiveram a oportunidade de escolher novamente a matéria que eles queriam cursar no trimestre seguinte.

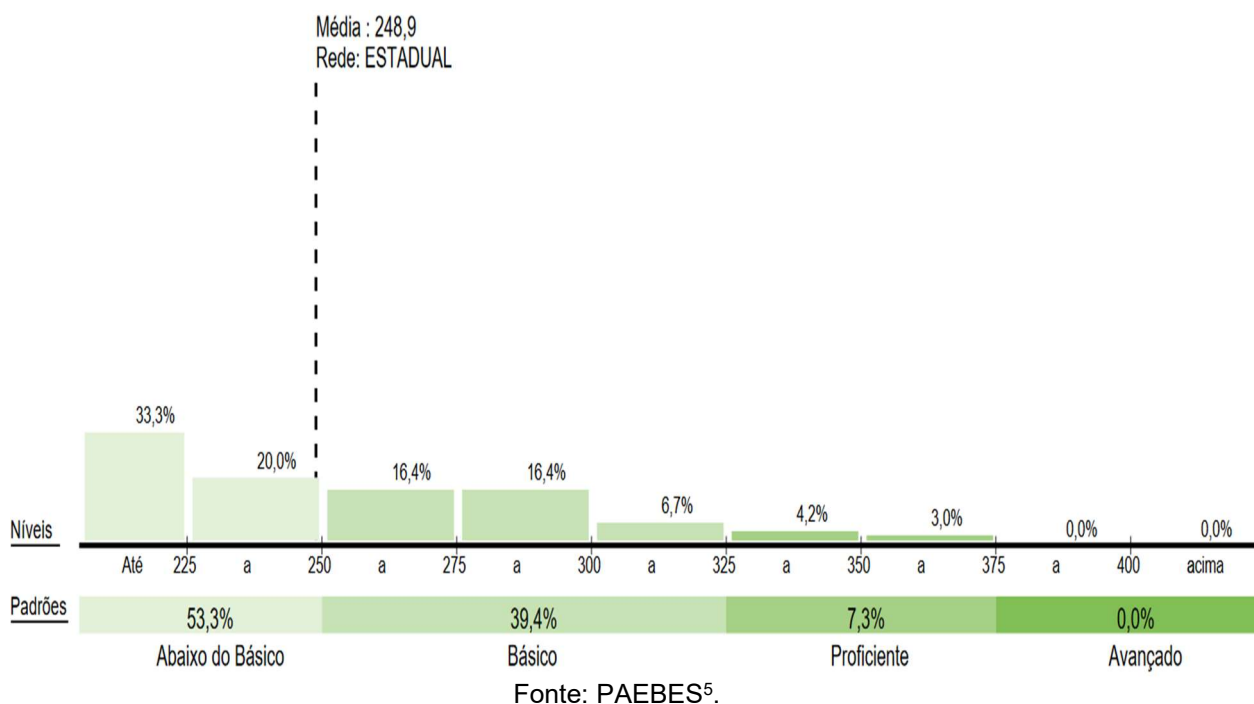
A intervenção contou com alunos de todas as séries do Ensino Médio, já que o objetivo dessa matéria é realmente ser multisseriada, pois nasce da possibilidade de os discentes terem autonomia na escolha de uma matéria que mais os agrada. Essa unidade curricular integra a parte dos conteúdos diversificados do Novo Ensino Médio que são implementados na Rede Estadual desde o ano de 2020.

Segundo o Relatório Ocupação Social (2017) do Instituto Jones dos Santos Neves (ISJN), a escola foi fundada em 1999 e é localizada em um bairro do Município de Serra-ES (FIGURA 7). Das oito unidades educacionais presentes no bairro, ela é uma das duas escolas que são de administração Estadual e possui Ensino Fundamental, Ensino Médio e Profissional. De acordo com o Censo de 2010, do Instituto Brasileiro Geografia e Estatística (IBGE), a população total naquele momento era de 19.532 habitantes, sendo que pessoas de idades entre 15 a 24 anos representavam, aproximadamente, 30% da população total do bairro. Essa é a faixa etária correspondente ao público referente à idade escolar do Ensino Médio (EM). Em relação aos dados de renda dessa população, 70% dos moradores possuíam renda domiciliar mensal entre $\frac{1}{2}$ a 1 salário mínimo, se enquadrando majoritariamente, portanto, na classe E (pobre)⁴.

⁴ Disponível em:

<http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20170426_ij01455_v.8_feurosaocupacaosocialv4.pdf>. Acesso em 15 de março de 2022.

Figura 8 - Desempenho dos alunos na disciplina de Física na prova do PAEBES.



Os microdados⁶ do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2019, divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), revelam também que dos 111 alunos inscritos, apenas 61% dos alunos participaram da prova e geraram dados para os indicadores do Exame deste ano. A escola tem uma média aproximadamente de 465 pontos em Ciências da Natureza e uma média geral de 493 pontos, excluindo a redação, relativa à prova objetiva. Sendo assim, a instituição encontra-se localizada na 16ª posição do ranking das escolas do Município de Serra e 193ª entre as escolas do Estado do Espírito Santo.

4.3. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA COM BASE NA BNCC E DO CURRÍCULO ESTADUAL

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo, aplicado apenas à educação escolar de acordo com as Leis de Diretrizes

⁵ Disponível em: <<http://resultados.caedufff.net/resultados/publicacao/publico/escola.jsf>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

⁶ Disponível em: <<https://www.elitecampinas.com.br/vestibulares/enem/ranking/index.asp>>. Acesso em: 28 de mar. 2022.

de Base (LDB) e respaldada nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN). Além disso, trata sobre as aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas pelos alunos, de modo a apoiar as escolhas necessárias para a concretização dos projetos de vida e a continuidade dos estudos dos alunos (BRASIL, 2018). A BNCC foi formulada de modo a diminuir as desigualdades dos currículos a nível federativo (estadual, municipal e federal) e, assim, nortear os currículos desses âmbitos. Nela contém dez competências gerais para a Educação Básica e em sintonia com o Plano Nacional da Educação (PNE). Sendo assim,

(...) as competências gerais da Educação Básica, apresentadas a seguir, inter-relacionam-se e desdobram-se no tratamento didático proposto para as três etapas da Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio), articulando-se na construção de conhecimentos, no desenvolvimento de habilidades e na formação de atitudes e valores, nos termos da LDB. (BRASIL, 2018, p. 8)

O Currículo do Espírito Santo é a materialização dos princípios e valores reforçados na BNCC e orientados pela LDB e DCN,

(...) esforça-se para promover a formação e o desenvolvimento humano pleno dos indivíduos, articulando o conhecimento das diferentes áreas, considerando as potencialidades de cada uma delas, junto com o desenvolvimento social, emocional e sensível dos estudantes. (SEDU, 2020, p.3)

O foco desse documento é evidenciar o protagonismo do aluno, concentrado no processo educativo para agregar, aos conhecimentos adquiridos ao longo dos três anos, bagagem ao projeto de vida do estudante. Para tanto, os saberes reunidos, devem ser capazes de auxiliá-los na resolução de problemas da vida real, de maneira crítica e reflexiva, contemplando a formação integral do indivíduo

Em relação a área de conhecimento de Ciências da Natureza, no currículo estadual, segue o padrão da BNCC, sendo integrada pelos três componentes curriculares: Biologia, Física e Química. Esse novo currículo busca desenvolver os conhecimentos a partir das habilidades de um ponto de vista dinâmico e autônomo (SEDU, 2020). À vista disso, essa área é composta por três competências específicas e três campos temáticos: Matéria e Energia; Vida e Evolução e Terra e Universo, permanecendo com a mesma orientação curricular do EF.

Ao pensar no tema do trabalho aqui desenvolvido, sobre a Radiação Infravermelha, essa não é explicitamente mencionada dentro do currículo, mas evidencia indícios de sua aplicabilidade em consonância com as propostas de

“reconectar” e “reaproximar” a ciência ao universo dos jovens a partir do uso de tecnologias usuais no cotidiano. Logo, a radiação se encontra alocada como conteúdo na 2ª série do EM, dentro da unidade temática de Matéria e Energia, alinhada ao objeto de conhecimento do Espectro Eletromagnético e associado à habilidade EM13CNT103, conforme a tabela 2.

O tema desenvolvido no presente trabalho, sobre a Radiação Infravermelha, não é explicitamente mencionado dentro do currículo, mas evidencia indícios de sua aplicabilidade em consonância com as propostas de “reconectar” e “reaproximar” a ciência ao universo dos jovens a partir do uso de tecnologias usuais no cotidiano. Sendo assim, a radiação se encontra alocada como conteúdo na 2ª série do EM, dentro da unidade temática de Matéria e Energia, alinhada ao objeto de conhecimento do Espectro Eletromagnético e associado à habilidade EM13CNT103, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Composição curricular da 2ª Série do EM para o componente de Física.

UNIDADE TEMÁTICA	OBJETO DE CONHECIMENTO	CÓDIGO DA HABILIDADE	HABILIDADE
Matéria e Energia	Espectro Eletromagnético	EM13CNT303FISb/ES	Interpretar textos de divulgação científica que tratam da temática ondas eletromagnéticas, disponíveis em diferentes mídias, considerando as diversas possibilidades para o uso social identificando e comparando as diferentes opções em termos de seus impactos ambientais, sociais e econômicos.
		EM13CNT103	Utilizar o conhecimento sobre radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
		EM13CNT205FISc/ES	Relacionar as características da luz aos processos de formação de

			imagem e interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos e comparar exemplos de utilização de tecnologia em diferentes situações culturais, avaliando o papel da tecnologia no processo social e explicando transformações de matéria, energia e vida.
		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.

Fonte: Currículo do Espírito Santo - Ensino Médio - Ciências da Natureza e suas Tecnologias⁷.

Sendo assim, esse trabalho encontra apoio junto aos documentos oficiais da educação, tanto a pertencente ao âmbito Federal quanto ao Estadual, para fundamentar a pesquisa. Não pretendemos somente, com o produto educacional, mediar os estudantes, mas também estimulá-los para que eles sejam capazes de mediar dentro dos seus próprios grupos, desenvolvam a capacidade de imaginar, criar, brincar, compartilhar e refletir enquanto aprendem os conteúdos pertinentes para sua vida no presente e no futuro. As ações foram pensadas em função de uma Aprendizagem Criativa e para a vida.

4.4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi estruturada para ser aplicada em 11 aulas e foi dividida em quatro etapas: introdutória, inicial, intermediária e final. Possui dois métodos

⁷ Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1L8z-UPhIThJo7x9AfzRdzJSU8yQwJTsx/view>. Acesso em: 27 mar. 2022.

avaliativos qualitativos: os diários de bordo (alunos e professora) e os mapas conceituais (individual e colaborativo).

Os diários de bordos tinham o um caráter de observação indireta das práticas da sequência, enquanto os mapas foram desenvolvidos a partir da teoria da Aprendizagem Colaborativa Expandida. Os alunos passaram por quatro etapas da construção do conhecimento: externalização (mapas conceituais individuais), elicitación (mapas conceituais colaborativos), consenso orientado para o conflito (revisão por pares), consenso orientado para a integração (mapas conceituais colaborativos revisados). As aulas foram executadas seguindo os princípios dos 4 Ps da Aprendizagem Criativa para estimular o pensamento crítico criativo dos discentes. Cada momento foi pensado para que fosse um conjunto de aulas que apresentassem coerência, lógica e relação com o referencial teórico escolhido.

Quadro 1 - Resumo da sequência didática.

Planejamento				
Título	Radiação Infravermelha e Suas Aplicações: Uma Proposta Didática de Mediação baseada na Aprendizagem Criativa utilizando Mapa Conceitual e Arduino.			
Tema Gerador	Radiação			
Subtema	Radiação Infravermelha			
Objetivo Geral	Mediar aprendizagem criativa à luz do tema de Radiação Infravermelha, por meio da utilização de mapas conceituais, diário de bordo e arduino.			
Etapas	Aula	Objetivo(s) Específico(s)	Atividade(s)	P da Aprendizagem Criativa
Introdução (2 aulas)	1	Organizar informações de um tópico da Física.	Mapa Mental	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos
	2	Avaliar os conhecimentos prévios sobre radiação infravermelha.	Avaliação Inicial: Mapa Conceitual Individual	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos
Inicial (2 aulas)	3	Verificar, por meio de questionário geral, o experimento que o aluno mais	Questionário Geral	<ul style="list-style-type: none"> • Paixão

		se simpatizou para aprofundar os conhecimentos.		
	4	Captar os conhecimentos específicos, do grupo, de cada experimento; Trabalhar em grupo a construção do mapa conceitual colaborativo a partir do mapa conceitual individual; discutir aspectos históricos, científicos, tecnológicos, dentre outros, relacionados ao tema.	Questionário Específico e Mapa Conceitual Colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> ● Pares; ● Projetos.
Intermediária (4 aulas)	5	Conhecer o arduino, suas potencialidades e possibilidades.	Montagem de Experimentos	<ul style="list-style-type: none"> ● Projetos ● Pares ● Pensar Brincando
	6	Montar os experimentos e avaliar o funcionamento do sensor infravermelho.	Experimentos sensor infravermelho	<ul style="list-style-type: none"> ● Projetos ● Paixão ● Pares ● Pensar Brincando
	7-8	Revisar mapa conceitual colaborativo de outro grupo.	Revisão por Pares.	<ul style="list-style-type: none"> ● Projetos ● Pares
Final (3 aulas)	9-11	Criar, construir, revisar e apresentar o projeto do grupo utilizando sensor infravermelho e o mapa conceitual colaborativo.	Projeto do Grupo e Mapa Conceitual Colaborativo Revisado.	<ul style="list-style-type: none"> ● Projetos ● Paixão ● Pares ● Pensar Brincando

Fonte: Própria autora.

4.4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

As escolas do âmbito Estadual, no processo de transição do Antigo Ensino Médio, se adequaram a partir de conteúdos e temas relacionados à BNCC para formular o currículo do Novo Ensino Médio. O documento institui uma parte

diversificada, dos componentes curriculares, na qual o aluno tem autonomia de escolher uma disciplina eletiva por trimestre, da qual ocorre em duas aulas semanais geminadas e concomitante para os alunos de todas as turmas da escola, sem separação por séries. Assim sendo, esse foi o contexto da intervenção, porém sob o fator da pandemia que exigia, até então, o escalonamento dos alunos; logo as turmas foram divididas em dois grupos e as aulas da eletiva ocorreram alternadamente.

Conforme a “Ementa de Diretrizes Curriculares e Operacionais para Eletivas 2020” determina, a equipe pedagógica organizou o momento de divulgação das eletivas para os estudantes de todas as turmas da escola, visto que os alunos foram convocados a serem protagonistas do seu processo educacional. Por causa da recuperação do trimestre anterior em uma semana e da falta de energia elétrica na semana seguinte, a temporada de apresentações dos professores foi iniciada duas semanas após o início do último trimestre. Em razão do novo coronavírus, a divulgação ocorreu em meio ao revezamento dos alunos, ou seja, em uma semana para o grupo A e na outra para o grupo B. Ao fim dessa divulgação os alunos preencheram a ficha de inscrição e escolheram a eletiva que desejaram cursar. Após esse período de seleção foi possível observar que poucos alunos que frequentaram a disciplina anteriormente continuaram e boa parte dos que ingressaram eram novos.

4.4.2. MOTIVAÇÃO DA AULA INTRODUTÓRIA

A sequência didática foi dividida em 4 etapas: introdutória, inicial, intermediária e final. O primeiro dia de aplicação da sequência didática foi marcada pelo retorno presencial sem revezamento na Rede Estadual, em decorrência da Pandemia. O que nos motivou a adotar essa divisão e ter um esse momento introdutório foi para delinear os objetivos que pretendíamos atingir com a sequência didática, o conteúdo de Física que seria visto, as ferramentas que iriam manusear para o desenvolvimento do projeto de culminância (Arduino) e as confecções de mapas conceituais. Para este momento foram utilizadas duas aulas geminadas de 50 minutos, realizada na Sala Maker (FIGURA 9), espaço onde toda a pesquisa foi aplicada.

Figura 9 - Sala Maker da EEEFM Marinete de Souza Lira

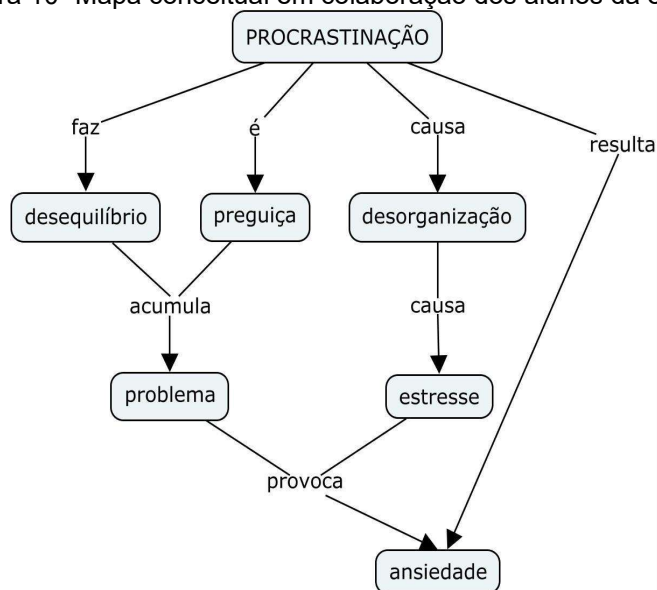


Fonte: Elaboração própria

Boa parte dos alunos já haviam ouvido falar sobre o infravermelho e também sabiam associar com equipamentos do dia-a-dia que utilizavam essa radiação eletromagnética, porém não sabiam o que era de fato, com base no conhecimento científico. No entanto, como haveria o emprego da placa Arduino, alguns demonstraram o não conhecimento desse.

Para que os mapas conceituais fossem inseridos na abordagem, foi necessário, anteriormente, falar sobre os mapas mentais, sua finalidade, estrutura e forma de construção. Essa ferramenta para os estudantes era algo mais familiar e, conseqüentemente, próximo da realidade deles, porém, quando partimos para a explanação do organizador (mapa conceitual) os alunos sentiram um pouco mais de dificuldade para assimilar os termos de ligação que unem os conceitos e dar sentido semântico a proposição. A culminância consistiu na construção de um mapa conceitual colaborativo sobre um assunto genérico, e escolhido por eles, no qual os alunos auxiliaram-me na construção deste (FIGURA 10). De acordo com o referencial teórico, esse momento teve o foco de trabalhar projetos, um dos 4 P's da Aprendizagem Criativa.

Figura 10 -Mapa conceitual em colaboração dos alunos da eletiva



Fonte: Elaboração própria

A construção do mapa conceitual colaborativo tinha como objetivos organizar informações de um tópico do tema genérico, escolhido pelos alunos, e aprofundar o conhecimento acerca dos mapas conceituais, que acabaram de conhecer.

4.5. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A cada instrumento, está associado um dos 4 P's da aprendizagem criativa, com a intenção de apoiar e incentivar uma experiência criativa. De acordo com o Quadro 1, podemos *linkar* cada ferramenta de pesquisa a um P. Dessa maneira, "resumidamente, acreditamos que a melhor maneira de cultivar a criatividade seja ajudando as pessoas a trabalharem em *projetos* baseados em suas *paixões*, em colaboração com *pares* e mantendo o espírito do *pensar brincando*." (RESNICK, 2020, p. 15)

Sendo assim, o mapa conceitual individual teve por propósito trabalhar o P de Projetos visto que as experiências de aprendizagem mais valiosas ocorrem quando o educando está ativamente envolvido no desenvolvimento, na construção ou na criação de algo - quando ele aprende criando (RESNICK, 2020). Ainda que esse fosse o primeiro contato com a ferramenta e o tema, os alunos foram postos diante de um desafio educacional para que pudessem desenvolver as habilidades pertinentes àquela atividade e construíssem ativamente o conhecimento.

O questionário inicial visava identificar a Paixão, pois “quando as pessoas trabalham em projetos pelos quais são apaixonadas, se dispõem a mergulhar e se aprofundar, a trabalhar por horas ou mais, e quase não percebem que o tempo está passando” (RESNICK, 2020, p. 66). A ideia era que alunos com interesses em comum pudessem ser identificados para trabalharem em projetos afins.

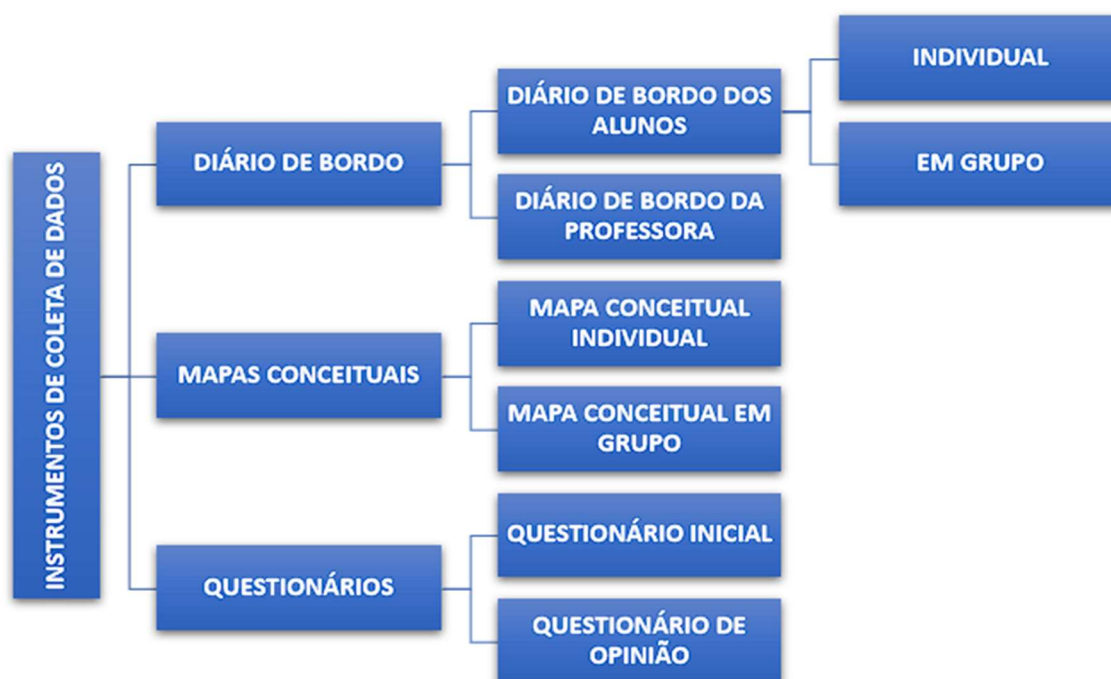
Além do P de Projetos, os mapas conceituais em grupos tinham como norteador os Pares. “Quando as pessoas sentem que estão cercadas por parceiros gentis e respeitosos, têm maior probabilidade de tentar fazer coisas novas e assumir riscos, que são uma parte fundamental do processo criativo” (RESNICK, 2020, p. 98). Ou seja, o entrosamento entre os pares influencia grandemente a qualidade da experiência vivida e até mesmo na qualidade dos projetos desenvolvidos.

Os diários de bordo entram no P de Projetos, pois há uma tentativa de levar os estudantes a uma reflexão. Então,

se queremos que as crianças cresçam como pensadoras criativas, precisamos proporcionar a elas diferentes maneiras de envolvimento com as telas, oferecendo mais oportunidades de criarem os próprios projetos e expressarem as próprias ideias. (RESNICK, 2020, p. 41)

A Figura 11, abaixo, descreve quais dados foram coletados durante a sequência didática.

Figura 11 - Gráfico da estrutura hierárquica da organização dos instrumentos de coleta de dados.



Fonte: Elaboração própria.

4.5.1. DIÁRIO DE BORDO

A avaliação do que os alunos estão aprendendo nem sempre é uma tarefa simples de se fazer, pois o processo criativo não ocorre simultaneamente e nem é igual para todos. Mesmo que haja a possibilidade de realizar testes conceituais para verificar a progressão e as eventuais falhas no percurso da aprendizagem, esse método não é capaz de medir o processo criativo. Resnick (2020) sugere a utilização dos portfólios para documentação dos projetos, visto que o professor poderá analisar, sugerir e dar feedback sobre os projetos feitos. Além do mais, é uma excelente documentação do progresso dos alunos uma vez que a criatividade não é facilmente quantificável.

Posto isso, individualmente e em grupo os alunos registraram anotações, atividades e o projeto em um portfólio que aqui chamamos de “diário de bordo”. Todos os alunos tinham um diário de bordo, para registro individual, e também os grupos tiveram um para o registro coletivo. Em todas as aulas o professor entregou um diário, reservou de 10 a 15 minutos finais para obter as anotações individuais e do grupo, para enfim recolher ao final de cada aula.

Além das anotações dos alunos para a coleta de dados, a professora pesquisadora também contou com seu próprio diário de bordo ao longo da pesquisa.

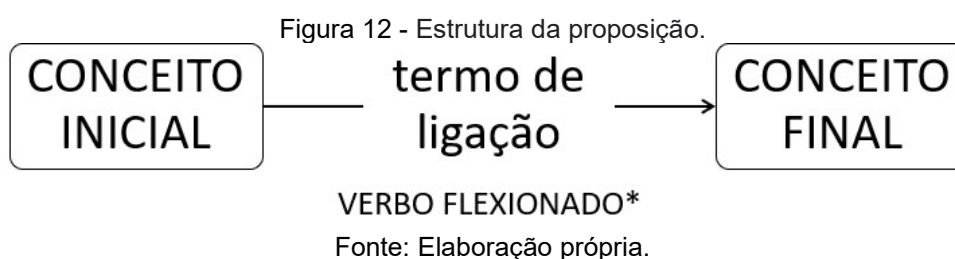
(...) a reflexão é uma dimensão inerente à escrita dos diários uma vez que ao escrever o professor-escritor se afasta um pouco do professor-praticante, o que permitiria ver-se a si mesmo sob uma outra ótica. Esta é uma das maiores contribuições advindas da escrita de um diário: esse processo reflexivo, em que a realidade é reconstruída narrativamente e reinterpretada por meio do diálogo que o professor trava consigo mesmo a partir de suas práticas e de seus registros. (MARCHESAN; LIMA, 2017, p.1)

Pretendeu não somente ser um ponto de incentivo para os alunos, como também utilizar a ferramenta para refletir continuamente a prática, bem como os desafios, o comportamento geral dos participantes e as observações pertinentes.

4.5.2. MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais, assim como os mapas mentais, são organizadores gráficos que permitem propagar informações, conceitos e ideias. Apresentados por Joseph Novak no início da década de 1970, são, segundo Ferraciolli (2007), apresentados tanto como instrumento de eliciação de conhecimento quanto

instrumento de análise de textos escritos, pois o tema é detalhado sucessivamente usando conceitos. Há relação conceitual, esta revela como os conceitos se relacionam, as proposições possuem sentido semântico e são unidades fundamentais dos mapas conceituais. “Um mapa conceitual pode ser entendido como um conjunto interconectado de proposições que contém mensagens inteligíveis com o objetivo de expressar relações conceituais (CORREIA, 2016, p.42)”. É a partir das proposições que os mapas conceituais são diferenciados de outros organizadores gráficos. Além disso, as proposições são unidades semânticas que podem ser compreendidas quando lidas e revelam as relações conceituais percebidas pelo mapeador. São constituídas dos seguintes elementos abaixo:



Os termos de ligação (TL) devem ser verbos no infinitivo*. Advérbios ajustam a precisão do TL e tempo verbal pode criar erros conceituais. “O uso do termo de ligação, contendo um verbo, permite distinguir o conteúdo semântico das proposições e julgar a correção conceitual de cada uma delas” (CORREIA, 2016, p.42).

Os conceitos podem ser definidos como as regularidades percebidas em objetos e eventos pelo mapeador. São rótulos que codificam linguisticamente para se referir às regularidades. A formação de conceitos consiste na associação de um rótulo com objetos que possuem regularidades específicas. Para criar um conceito é necessária a utilização de uma ou poucas palavras. Fica a critério do mapeador definir a hierarquia dos conceitos e a melhor maneira de organizar de acordo com as similaridades, o mais recomendado é que se inicie pelos conceitos mais gerais partindo para os mais específicos. Já em relação a hierarquia, é uma forma de organizar as ideias pois criam categorias, estabelecem níveis e há a inclusão de poucos conceitos por nível. Dessa maneira,

O entendimento do mapeamento conceitual passa pelos quatro parâmetros de referência descritos a seguir:

- As proposições devem ter alta clareza semântica e comunicar com precisão as relações conceituais representadas;

- A pergunta focal delimita o conteúdo a ser mapeado e é a forma mais eficiente para controlar o tamanho do mapa conceitual;
- A organização dos conceitos deve ser hierárquica, sendo que os conceitos mais gerais (abrangentes) iniciam o mapa e são progressivamente detalhados;
- As revisões contínuas do mapa conceitual devem ser utilizadas para modificar o conhecimento representado, de acordo com as mudanças de entendimento conceitual do mapeador. (AGUIAR & CORREIA, 2013, p.144)

Essa ferramenta pode sim ser útil e eficiente para o Ensino de Física, pois vai de encontro aos métodos tradicionais e padronizados que só aceitam respostas certas ou erradas nos exames e avaliações aplicadas. De acordo com Aguiar & Correia (2013) o sucesso dos mapas conceituais em sala de aula está atrelado ao entendimento dos fundamentos teóricos relacionados à técnica e estabelecem quatro parâmetros de referência que ajudam a relacionar teoria e prática. São eles: clareza semântica das proposições, pergunta focal, organização hierárquica dos conceitos e revisões contínuas. Esses critérios, se seguidos e mediados de maneira correta, são capazes de nortear a construção de bons mapas conceituais, se tornando, então, um método avaliativo qualitativo potencializador da aprendizagem.

Além dos parâmetros traçados por Aguiar & Correia (2013), Cañas et al. (2006) desenvolveram uma taxonomia de mapas conceituais, análoga a taxonomia de Bloom (1956), que permite o professor ter um termômetro do progresso no uso dos mapas conceituais como ferramenta de aprendizagem. Esse método de taxonomia topológica, será utilizado para avaliar os mapas conceituais nos quatro momentos em que eles foram postos à construção.

Ainda que existam diversas maneiras distintas na utilização desse recurso, no produto em questão, ele foi implementado seguindo a Aprendizagem Colaborativa Expandida, da qual, segundo Aguiar & Correia (2013) envolvem os alunos em revisões por pares a partir de mapas conceituais elaborados de forma colaborativa. Os alunos, então, passaram por momentos de externalização individual, eliciação em grupo e consenso quando agrupados, e tiveram a oportunidade de se envolver na construção de mapas colaborativos a partir de revisões contínuas.

4.5.2.1. VALIDAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

O mapa conceitual não é uma ferramenta muito usual e tampouco largamente utilizada pelos professores para avaliar ou analisar o progresso dos seus

alunos. Contudo, o Projeto Conéctate al Conocimiento (MILLER, 2008), desenvolvido no Panamá, utilizou o instrumento. Houve a necessidade de desenvolver ferramentas de medição para ajudar na avaliação do progresso geral do Projeto em direção à meta de implementar o uso de mapas conceituais para a aprendizagem significativa nas escolas públicas de ensino fundamental do país. (MILLER e CAÑAS, 2008)

A partir dessa demanda a Taxonomia de mapas conceituais, análoga a Taxonomia de Bloom, foi produzida para servir de termômetro do progresso dos mapas conceituais elaborados pelos alunos. É dividida em Taxonomia Topológica (CAÑAS et al., 2006) e Taxonomia Semântica (MILLER e CAÑAS, 2008), sendo os dois já utilizados e validados. Estes possuem nível de confiabilidade de moderado a bom e nível moderado, respectivamente.

A Taxonomia Semântica opera de maneira que nela há a consideração da relevância das proposições, observa a qualidade do conteúdo, dos conceitos e das ligações. Porém, para a presente pesquisa iremos utilizar apenas a análise da topologia dos mapas conceituais produzidos pelos alunos. Constatamos que o nível de confiabilidade desses instrumentos é moderado (MILLER e CAÑAS, 2008) e apresentam algumas inconsistências e divergências na sua maneira de avaliar os elementos considerados.

4.5.2.2. TAXONOMIA TOPOLÓGICA

A Taxonomia Topológica considera a complexidade estrutural do mapa; observar o progresso no início, quando se tem mapas pobres; apoia o alcance dos objetivos específicos, estabelecidos pelo professor e não se apega à análise dos conceitos e proposições (CAÑAS et al., 2006). Além disso, fornece mecanismos para determinar o nível de progresso na representação dos mapas conceituais, partindo dos mais simples até os mais rebuscados. A Taxonomia Topológica é complementada pela Taxonomia Semântica, pois permite avaliar a complexidade com base na qualidade de seu conteúdo.

Ao proceder com a análise dos mapas, os autores Cañas et al. (2006) e Miller (2008) estabeleceram cinco parâmetros avaliativos, que são:

- a) o uso de conceitos em vez de pedaços de texto,
- b) o estabelecimento de relações entre os conceitos,
- c) o grau de ramificação,

- d) profundidade hierárquica, e
- e) a presença de ligações cruzadas.

O primeiro parâmetro (P1), “o uso de conceitos em vez de pedaços de texto”, é semântico e não estrutural. Quando são observados trechos de texto no MC deduz que o mapeador possui pobreza conceitual e apresenta estruturas de conhecimento mecanizadas, rígidas e isoladas. Recebe a classificação mais baixa (Nível 0) quando pedaços de texto são encontrados, independentemente de sua complexidade ou elemento estrutural.

O segundo parâmetro (P2), “o estabelecimento de relações entre os conceitos”, têm componente semântico, mas para a taxonomia é considerado apenas a dimensão estrutural. O que importa é a presença ou de palavras de ligação, não as palavras em si.

O terceiro parâmetro (P3), “o grau de ramificação”, está associado ao número de pontos de ramificação. Ponto de ramificação é quando 2 ou mais linhas de conexão se ramificam de um nó, conceito ou frase de ligação. Esse critério se importa com o número de nós que possuem mais de uma ramificação.

O quarto parâmetro (P4), “profundidade hierárquica”, se relaciona com a contagem do número de ligações entre o conceito raiz e o conceito mais distante do conceito raiz. Geralmente, o MC deve responder a uma pergunta focal.

O quinto e último parâmetro (P5), “a presença de ligações cruzadas”, analisa a presença de ligações cruzadas de tal forma que o *loop* fechado é formado.

A topologia classifica os mapas em 7 níveis (de 0 a 6), sendo que 0 (zero) é o mais simples e 6 é o mais elaborado, conforme Cañas et al. (2006):

Nível 0

- a. Predominam explicações longas de conceitos.
- b. Sem palavras de ligação.
- c. Linear (0-1 pontos de ramificação).

Nível 1

- a. Conceitos predominam sobre explicações longas.
- b. Faltam metade ou mais das palavras de conexão.
- c. Linear (0-1 pontos de ramificação).

Nível 2

- a. Conceitos predominam sobre longas explicações.
- b. Menos da metade das palavras estão faltando link.
- c. Ramificação baixa (2 pontos de ramificação).

Nível 3

- a. Sem explicações longas.
- b. Sem palavras de ligação ausentes.
- c. Ramificação média (3-4 pontos de ramificação).
- d. Menos de 3 níveis de hierarquia.

Nível 4

- a. Sem explicações longas.
- b. Sem palavras de ligação ausentes.
- c. Ramificação alta (5-6 pontos de ramificação).
- d. 3 ou mais níveis de hierarquia.

Nível 5

- a. Sem explicações longas.
- b. Sem palavras de ligação ausentes.
- c. Ramificação alta (5-6 pontos de ramificação).
- d. 3 ou mais níveis de hierarquia.
- e. 1-2 ligações cruzadas.

Nível 6

- a. Sem explicações longas.
- b. Sem palavras de ligação ausentes.
- c. Ramificação muito alta (7 ou mais pontos de ramificação).
- d. 3 ou mais níveis de hierarquia.
- e. Mais de 2 ligações cruzadas.

Para Santos (2010), uma forma de condensar todas essas etapas e organizar a análise estrutural, é conforme apresentada na tabela 3. Nela é possível ver como as relações entre os parâmetros e os níveis hierárquicos se dão, nesse tipo de taxonomia topológica.

Tabela 3 - Relação entre critérios e níveis na análise estrutural de Mapa Conceitual.

NÍVEL	PARÂMETRO				
	P1 Conceitos	P2 Termos de ligação (TL)	P3 Grau de ramificação	P4 Profundidade hierárquica	P5 Ligações cruzadas
0	predominam trechos com textos	Sem TL	Linear (0 ou 1 ponto de ramificação)	0 níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
1	predominam conceitos	faltam 50% ou menos dos de TL	Linear (0 ou 1 ponto de ramificação)	0 níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
2	predominam conceitos	Apresenta mais de 50% TL	Ramificação baixa (2 pontos de ramificação)	0 níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
3	somente conceitos	Não faltam TL	Ramificação média (3 ou 4 pontos de ramificação)	Menos de 3 níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
4	somente conceitos	Não faltam TL	Ramificação alta (5 ou 6 pontos de ramificação)	3 ou mais níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
5	somente conceitos	Não faltam TL	Ramificação alta (5 ou 6 pontos de ramificação)	3 ou mais níveis de hierarquia	1 ou 2 ligações cruzadas
6	somente conceitos	Não faltam TL	Ramificação muito alta (7 pontos de ramificação)	3 ou mais níveis de hierarquia	Mais de 2 ligações cruzadas

Fonte: Santos, 2010.

Ainda em conformidade com a metodologia utilizada por Santos (2010), apresentados na tabela 3, foi elaborada uma ou tabela para resumir o que é pertinente

ser observado, na hora da análise, em cada MC. Esta tabela foi preenchida durante o processo de avaliação topológica dos MCs, individuais e em grupo (tabela 4) e facilitou a determinação do nível de conhecimento que os alunos possuíam acerca do tema “Infravermelho”.

Tabela 4 - Quadro para avaliação topológica dos mapas conceituais.

MC: ___ ALUNO: ___	NÍVEL TOPOLÓGICO							
P A R Â M E T R O S		0	1	2	3	4	5	6
	P1	T/C	C/T	C/T	C	C	C	C
	P2	0	<0,5	>0,5	1	1	1	1
	P3	0	0-1	2	3-4	5-6	5-6	≥7
	P4	0	0	0	<3	≥3	≥3	≥3
	P5	0	0	0	0	0	1-2	≥2

Fonte: Santos, 2010.

A interpretação dos MCs foi feita de acordo com Santos (2010) e Almeida (2019) de modo a aproveitar os padrões definidos para o estudo do nível topológico dos alunos antes e depois da aplicação dos instrumentos de aprendizagem.

Acima (TABELA 4), em P1, onde são analisados nos mapas os conceitos presentes, T/C significa há maior predominância de trechos de texto sobre os conceitos, C/T indica que sobressaem conceitos sobre trechos de texto e C, que existem apenas conceitos.

Em P2, onde os termos de ligação (TL) são as unidades observadas, a completa ausência de TL é representado por (0), a existência de menos da metade dos TLs entre os conceitos é caracterizada em (<0,5), a presença de mais da metade dos TLs é dada por (>0,5), para mapas em que há 100% dos TLs marcamos um (1). Para os parâmetros P3, P4 e P5 que avaliam os pontos de ramificação, a profundidade hierárquica e o número de ligações cruzadas, são avaliados pelas quantidades presentes nos mapas e presentes na tabela para preenchimento. Nas próximas subseções iremos trazer exemplificações de MCs, desenvolvidos individualmente e em grupo pelos nossos alunos.

4.6. QUESTIONÁRIOS

A utilização dos questionários nas pesquisas acadêmicas são instrumentos bastante úteis quando se pretende colher informações acerca de um determinado tema discutido por um grupo. Dessa maneira, dentro da sequência didática sobre a Radiação Infravermelha e a utilização dos arduinos, como ferramenta de eliciação do conhecimento, os questionários foram utilizados de duas maneiras distintas e com finalidades diferentes.

Gil (2008, p.121) define os questionários como sendo uma

(...) técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc.

São essas questões que forneceram respostas que nos proporcionaram os dados para descrever as características, conhecimentos e as hipóteses que foram construídas durante o planejamento da sequência didática (GIL, 2008).

No nosso caso, tínhamos como objetivo saber duas coisas: o grau de conhecimento e familiaridade dos alunos com a radiação infravermelha, além das preferências dos educandos acerca dos experimentos propostos para eles desenvolverem ao longo do encontro. O segundo propósito, com essa ferramenta, era saber a opinião dos discentes ao fim da aplicação do produto educacional.

Há dois tipos de questões, que podem ser trabalhadas nos questionários, questões com resposta aberta e com resposta fechada. A questão da resposta aberta permite que os respondentes tenham maior autonomia ao expressar sua ideia e/ou opinião do assunto questionado. Para Gil (2008, p. 123), “este tipo de questão possibilita ampla liberdade de resposta. Mas nem sempre as respostas oferecidas são relevantes para as intenções do pesquisador. Há também dificuldades para sua tabulação”. Já as fechadas limitam as respostas dos pesquisados, pois há apenas a necessidade de selecionar a alternativa que melhor reflete o seu ponto de vista do conteúdo tratado. Geralmente são as mais utilizadas, porque concedem maior uniformidade às respostas e podem ser facilmente processadas. Porém, envolvem o risco de não refletirem todas as alternativas relevantes (GIL, 2008).

Quando o investigador decide o tipo de questão que está mais alinhada à sua ideia final fica muito mais fácil administrar o formato do seu questionário. O ideal é

diminuir as desvantagens e contar com a maior vantagem no tipo de resposta. Uma possibilidade é mesclar os dois tipos de respostas em um questionário, do qual chamamos de questionário misto. Dessa maneira, foi possível coletar as informações da população estudada.

Para que possamos medir os parâmetros atitudinais, conceituais ou procedimentais dos nossos estudantes pesquisados, utilizamos escalas para auxiliar nessa busca. Para Bermudes *et. al.*(2016) as escalas podem ser definidas como o conjunto de valores ou conteúdo de uma variável arranjados de acordo com algum critério de importância (matemático ou subjetivo) para fins de mensuração, podendo esses valores serem métricos ou não. No nosso caso, utilizamos a escala Likert.

A escala Likert se organiza como uma tabela do tipo classificatória contendo, geralmente, cinco graduações, na qual o respondente deve selecionar uma delas. A estrutura básica contém um elemento classificatório de caráter totalmente positivo, um de caráter parcialmente positivo, um de caráter neutro, um caráter parcialmente negativo e um caráter negativo. De acordo com Silva Junior & Costa (2014), a escala original tinha a proposta de ser aplicada com cinco pontos, variando de discordância total até a concordância total. Contudo, atualmente existem modelos do tipo Likert com variações na pontuação, que atendem aos critérios do pesquisador.

Portanto, para esse tipo de escala é necessária a existência de simetria, ou seja, ter a mesma quantidade de itens positivos em relação aos negativos, além de uma proposição neutra na parte central. Podemos exemplificar uma aplicação da escala no questionário inicial (FIGURA 17 e FIGURA 19), ilustrado no quadro abaixo:

Quadro 2 - Exemplo de escala Likert do questionário aplicado.

COMO VOCÊ AVALIA O SEU CONHECIMENTO EM PROGRAMAÇÃO?				
Nenhum conhecimento	Pouco conhecimento	Regular conhecimento	Bom conhecimento	Muito conhecimento
1	2	3	4	5

Fonte: Elaboração própria.

Gil (2008), notou que no caso de afirmações favoráveis ao internacionalismo, as ponderações mais altas referem-se à concordância. Nas afirmações desfavoráveis ocorre o contrário. É importante mencionar que quanto mais níveis forem usados, maiores serão as chances de obter uma resposta diferente para o item investigado. Ainda assim, não existe resposta certa ou errada.

Além da utilização da escala Likert, aplicamos o recurso das nuvens de palavras (NP) para verificar a frequência de palavras associadas à Radiação Infravermelha. BOHM et al. definem as nuvens de palavras, ou nuvem de tags, como uma ferramenta de mineração textual que apresenta de forma visual os termos mais frequentes de uma coleção de textos escritos, denominado corpus. Usualmente as NP são apresentadas a partir da ilustração de imagens que fornecem uma leitura superficial do senso comum do público analisado (VASCONCELLOS-SILVA & SAWADA, 2018). A ferramenta foi pensada e usada para dar apoio no processamento das informações coletadas, pois, a partir dela, são criadas oportunidades de ampliar a reflexão sobre o tema pesquisado proporcionando aos pesquisadores a oportunidade de potencializar o olhar sobre o material coletado e, assim, aperfeiçoar a pesquisa unindo metodologia e tecnologia (Vilela & Batista, 2020).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção discutiremos os dados coletados pelas ferramentas utilizadas ao longo do desenvolvimento da SD, que são advindas de três instrumentos: (i) os mapas conceituais, em grupo e individual; (ii) os diários de bordo, individuais e em grupo; e, por fim, (iii) os questionários, para escolha do experimento e da opinião dos alunos a respeito da intervenção.

5.1. MAPAS CONCEITUAIS

Ao todo foram analisados 22 MCs individuais e 6 MCs em grupo, nos quais foram classificados os níveis topológicos em conformidade com Cañas e Novak (2006), Santos (2010) e Almeida (2019). O tratamento dos dados foi feito por meio de análise qualitativa, utilizando os instrumentos mencionados acima e apresentados de maneira separadamente, para preservar a particularidade e importância de cada abordagem desse organizador gráfico.

5.1.1 MAPA CONCEITUAL INDIVIDUAL

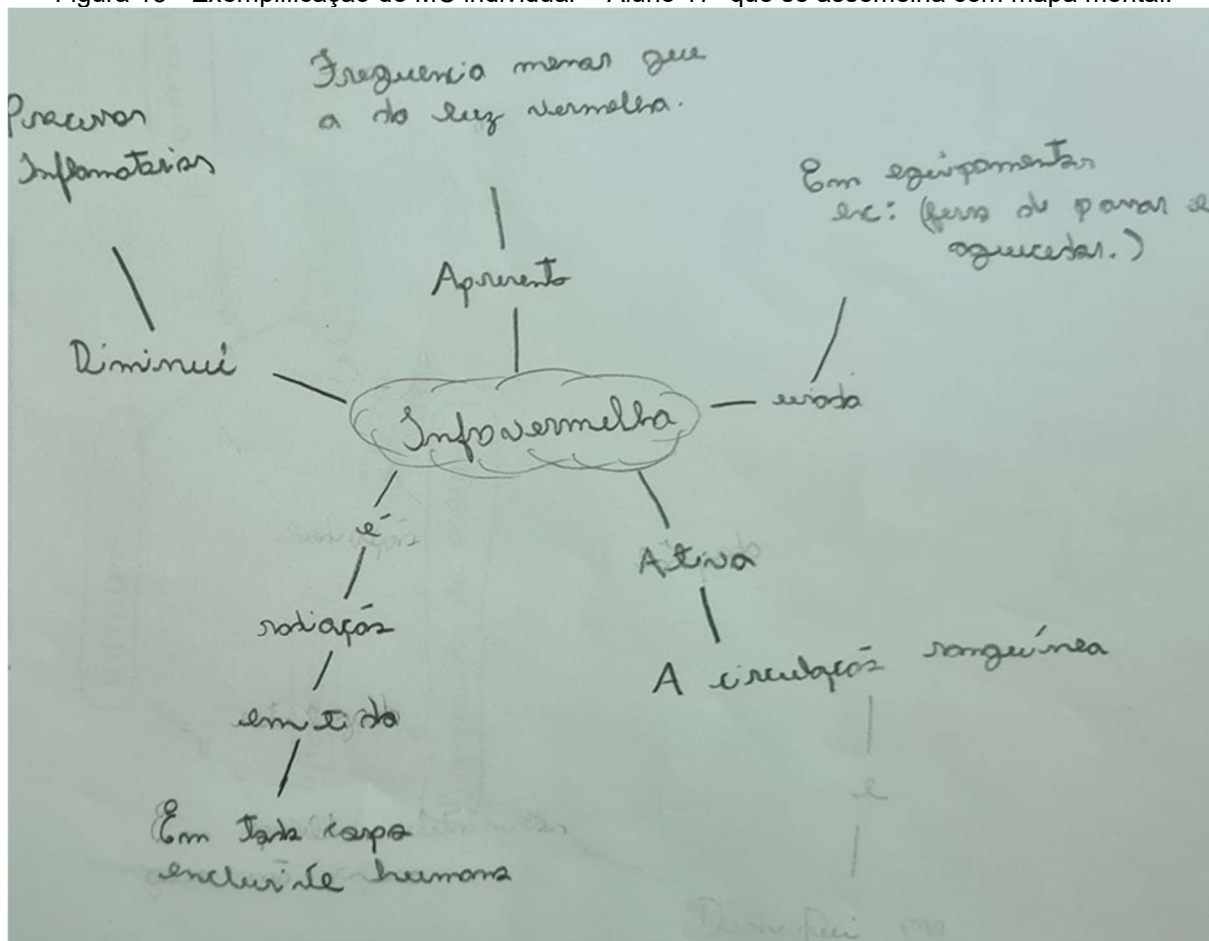
Ao final da aula introdutória, no segundo encontro, foi solicitado aos alunos que construíssem um mapa conceitual individual com base no que eles aprenderam nesse contato inicial. A temática do MC era “Radiação Infravermelha”, do qual todos os alunos atenderam a esse comando durante a confecção.

Esse momento ocorreu logo após a volta das aulas presenciais, sem revezamento, e alguns alunos não estavam presentes na primeira aula da SD da qual foi exposto sobre os mapas conceituais. Portanto, foi necessária a realização de uma breve revisão que se concentrou nos organizadores gráficos, sobretudo, na diferença entre os mapas mentais e os mapas conceituais, que era mais relevante.

Com essa atividade, tínhamos como objetivo conhecer os conceitos e ideias dos alunos a respeito do tema. Foi possível perceber a grande dificuldade dos alunos ao elaborar essa atividade, pois para eles o contato com a Radiação Infravermelha era algo cotidiano, porém não possuíam conhecimento científico e conceitual sobre o assunto. Sobretudo, foi notória a familiaridade deles com os mapas mentais, ferramenta da qual eles utilizavam com maior frequência e em alguns momentos

confundiram a estrutura dos dois organizadores gráficos. Na figura 13 abaixo, vemos um exemplo desse equívoco.

Figura 13 - Exemplificação do MC individual - "Aluno 17" que se assemelha com mapa mental.



Fonte: Elaboração própria.

O "Aluno 17" organizou os conceitos de modo radial; sem indicação do sentido de leitura, feita por meio de setas; e com o conceito raiz centralizado. Com isso, podemos destacar que

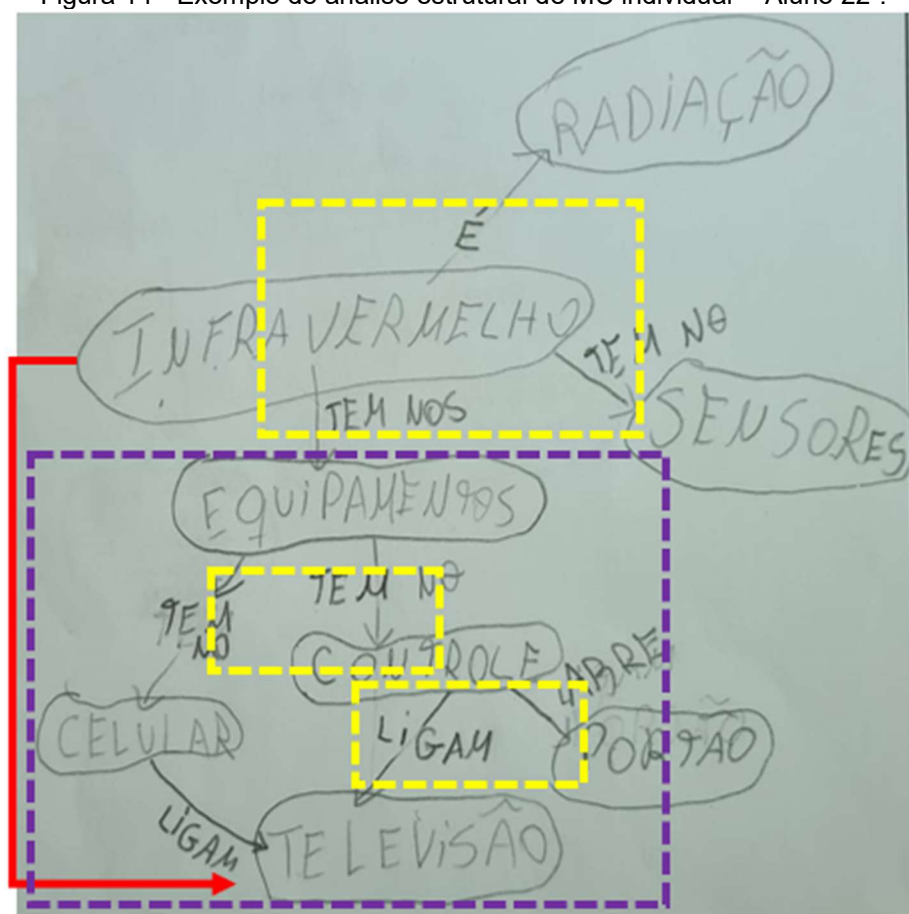
o processo de elaboração do mapa mental é simples. Ele começa a ser elaborado pelo centro de uma folha de papel em branco, virada na horizontal, utilizando uma imagem, uma figura ou um termo essencial, para que possa expandir em todas as direções. A partir da imagem ou termo essencial o mapa será expandido, com ramificações. É preciso escolher um ramo para o "conhecimento" a ser expandido, ou seja, imagens ou termos integrantes que se referem ao termo essencial. (CORDOVIL & FRANCELIN, 2018, p. 944)

Logo, o discente adotou uma estrutura semelhante a um mapa mental para representar a organização conceitual do tema infravermelho por ser uma representação mais próxima do que ele consegue reproduzir. Isso está em consonância

com o que eles mesmos escreveram nos diários de bordo quando foi pedido a eles que descrevessem qual a maior dificuldade para realizar a atividade do MC individual.

A seguir, apresentaremos um exemplo de MC individual, feito pelo “Aluno 22”, mostrado na figura 14, abaixo. Utilizamos os retângulos amarelos para analisarmos o grau de ramificação, a seta vermelha para visualizarmos a profundidade hierarquia e o retângulo roxo para a verificação da presença de ligações cruzadas.

Figura 14 - Exemplo de análise estrutural de MC individual - “Aluno 22”.



Fonte: Elaboração própria.

Com base em Santos (2010), utilizamos como referência a tabela para auxílio na análise topológica dos seguintes elementos do MC: o uso de conceitos em vez de trechos de texto, estabelecimento de relações entre conceitos, grau de ramificação, profundidade hierárquica e a presença de ligações cruzadas. Esses elementos resultam na tabela 5, com base na figura 13 acima, da qual os dados foram tabulados e apresentadas as relações entre os parâmetros e níveis da taxonomia topológica de Cañas e Novak (2006). Portanto, o mapa individual acima, do Aluno 22, teve o seguinte preenchimento:

Tabela 5 - Avaliação MC individual do Aluno 22.

MC: Individual ALUNO: 22	NÍVEL TOPOLÓGICO							
		0	1	2	3	4	5	6
P A R Â M E T R O S	P1	T/C	C/T	C/T	C	C	C	C
	P2	0	<0,5	>0,5	1	1	1	1
	P3	0	0-1	2	3-4	5-6	5-6	≥ 7
	P4	0	0	0	<3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
	P5	0	0	0	0	0	1-2	≥ 2

T/C - Predominam trechos de texto sobre conceitos;

C/T - Predominam conceitos sobre trechos de textos;

C - Apenas conceitos;

<0,5 - Há menos da metade dos termos de ligação entre os conceitos apresentados;

>0,5 - Há mais da metade dos termos de ligação entre os conceitos apresentados;

1 - Há presença de termos de ligação em todos os conceitos apresentados;

Nos parâmetros **P3**, **P4** e **P5**, os números indicam a quantidade de pontos de ramificação, números de ligações entre o conceito raiz e o mais afastado e o número de ligações cruzadas.

Adaptado de Santos, 2010.

Fonte: Elaboração própria.

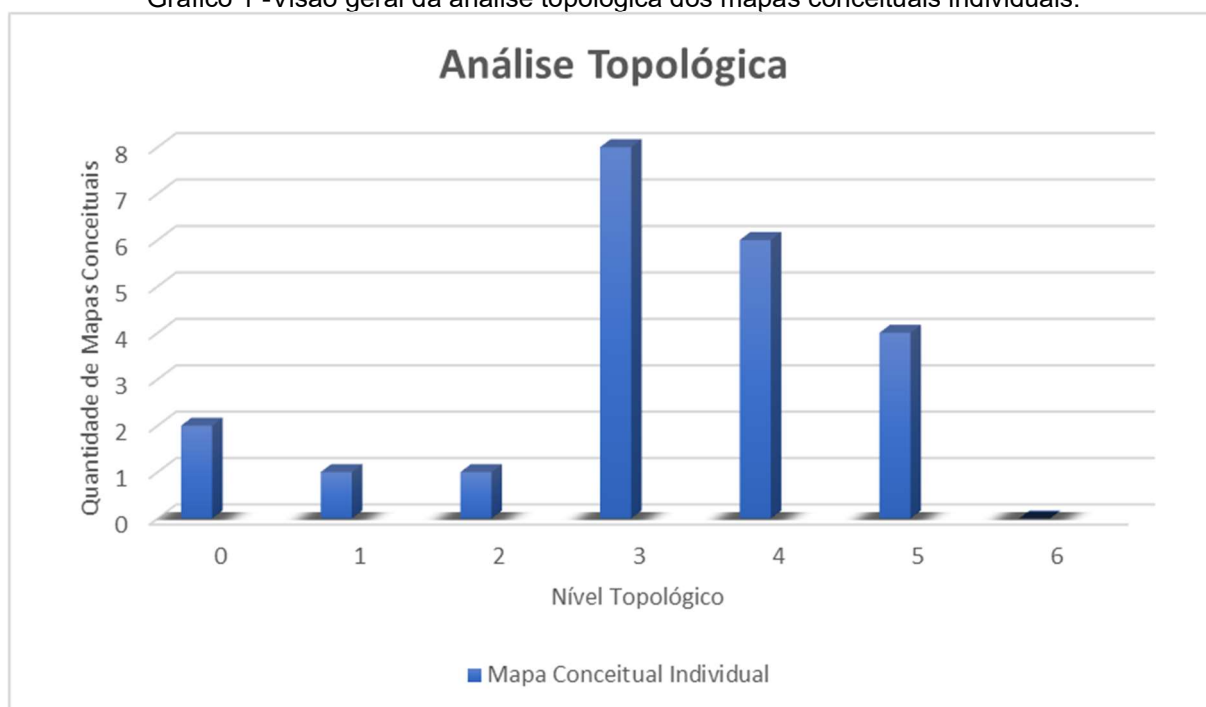
- **Parâmetro P1:** Foram marcados todos os quadrados que contêm “C” pois o mapeador construiu um mapa em que há prevalência de 100% de conceitos na rede proposicional.
- **Parâmetro P2:** foram marcados todos os quadrados que contêm “1”, entre os níveis 3 a 6. Isso é justificado, pois é possível observar a existência de termos de ligação em toda estrutura do mapa.
- **Parâmetro P3:** o nível 3, onde vemos “3-4”, foi selecionado porque são identificados três pontos de ramificação no mapa. Conforme a figura 13, observamos esse padrão nos retângulos tracejados em amarelo.
- **Parâmetro P4:** Os níveis “ ≥ 3 ” foram os assinalados, por haver 3 níveis de profundidade hierárquica entre o conceito raiz o conceito mais afastado, como mostrado na figura 13, representado pela seta vermelha.

- **Parâmetro P5:** o nível 5, que contém “1-2” foi o selecionado. De acordo com a figura 13, há uma única ligação cruzada, representada pelo retângulo em roxo tracejado, no qual é possível visualizar um ciclo fechado formado.

Dessa maneira, o MC do Aluno 22 se enquadra no nível 5 por possuir a maior parte de seus parâmetros marcados nessa coluna, portanto, podemos avaliá-lo em nível topológico 5.

A tabela acima, em que trouxemos uma exemplificação de como a análise topológica se deu, é somente uma amostra do que encontramos ao examinar todos os outros vinte e dois mapas conceituais confeccionados individualmente. Os resultados dessa análise topológica estão dispostos no gráfico abaixo, onde é possível obter um panorama geral de como o grupo de alunos estavam posicionados cognitivamente antes da introdução das atividades práticas propostas pela professora.

Gráfico 1 -Visão geral da análise topológica dos mapas conceituais individuais.



Fonte: Elaboração própria.

Em outros termos, nota-se uma grande predominância de alunos localizados no nível topológico 3. Para Cañas et al. (2006), isso denota a presença de 100% dos conceitos, da qual não há falta de termos de ligação, o grau de ramificação é médio (3 ou 4 pontos), com menos de 3 níveis hierárquicos, porém não há nenhuma ligação cruzada. Ainda assim, identificamos mapas com um nível topológico superior ao nível 3. A partir do esquema, vemos que seis alunos confeccionaram mapas individuais no

nível 4 no qual interpretamos que esses não apresentam explicações longas, todas as palavras de ligação estão presentes, há um alto grau de ramificação (5-6 pontos) e 3 ou mais níveis de hierarquia. Também vemos, a partir do diagrama, que quatro discentes produziram mapas no nível 5. Esta posição apresenta características muito próximas no nível 4 a menos de um fator, há a presença de 1 a 2 ligações cruzadas. Logo, os estudantes demonstram ter um domínio um pouco maior a respeito do assunto do qual eles estavam mapeando. Comparado com todos os mapas analisados, percentualmente o nível topológico 3 corresponde a aproximadamente 36% (n=8) da amostra inicial, enquanto os níveis 4 e 5, aproximadamente 27% e 18% respectivamente.

Segundo Schäfer et al. (2012, p. 9),

A compreensão da estrutura topológica básica do mapa conceitual e a construção de sentido evidenciadas pela maior parte dos aprendizes durante as intervenções revelaram, assim, a aplicabilidade do trabalho com uma representação alternativa ao registro textual linear no intuito de deflagrar ou favorecer tomadas de consciência que se refletissem sobre a conceituação acerca do mesmo.

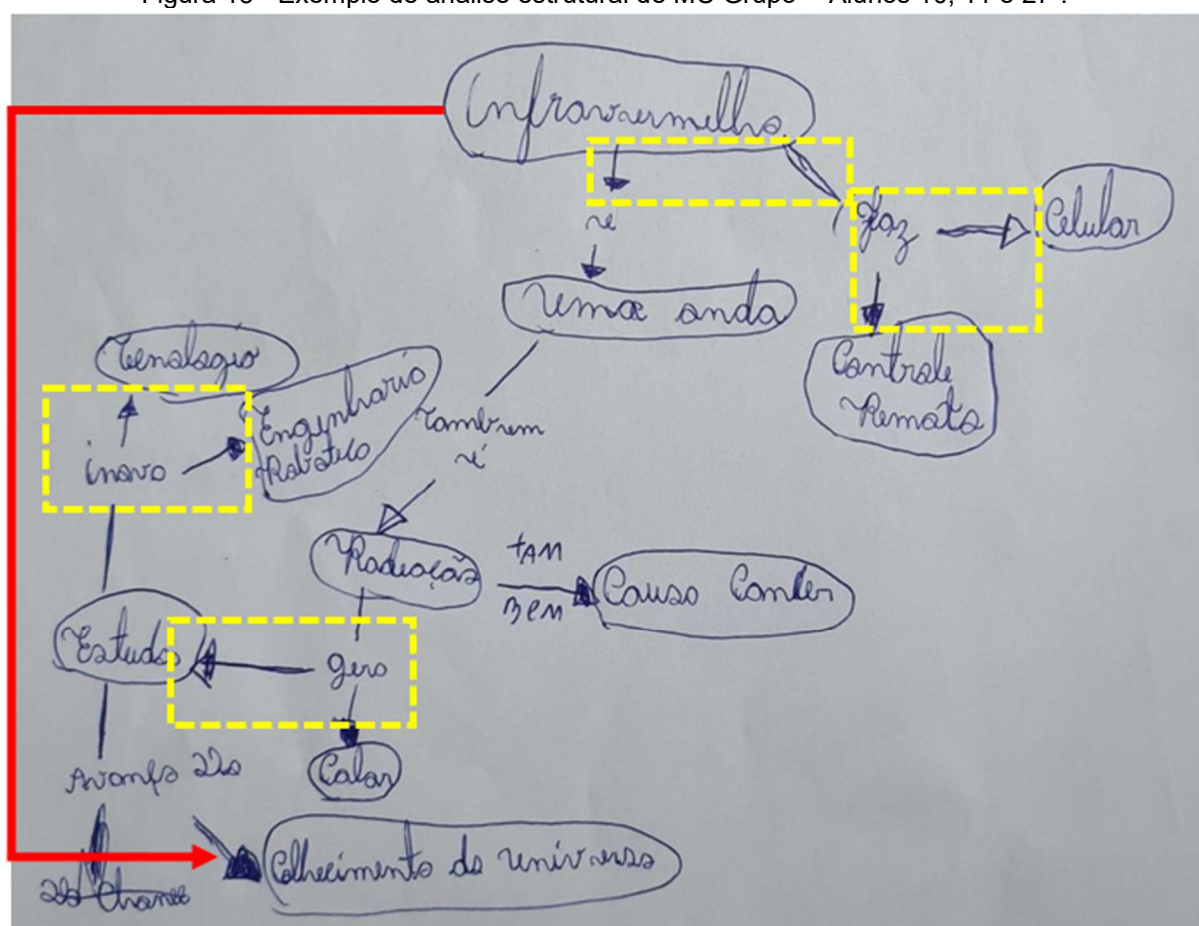
Dessa maneira, isso nos faz refletir sobre a necessidade de promover atividades e intervenções que promovam o interesse e a participação dos alunos, percebendo a motivação desses e construindo com os mesmos conceitos e conhecimentos significativos (COSTA et al., 2012). Além disso, para Schäfer et al. (2012, p. 9) “as conexões elaboradas nos mapas conceituais mostraram-se suscetíveis a um novo grau de abstração quando na condição de objeto de reflexão no decurso do desenvolvimento do texto linear”. Por fim, os dados se mostram bastante heterogêneos, evidenciando que o grupo se encontrava entre os níveis topológicos 0 a 5, sendo que nenhum aluno apresentou domínio do assunto a ponto de se enquadrar no nível 6.

5.1.2. MAPA CONCEITUAL EM GRUPO

Nessa etapa, obtemos 6 MCs em grupo dos quais iremos abordar abaixo as perspectivas oriundas das análises deles. No sexto encontro, após os alunos terem desenvolvido alguns experimentos com a placa de arduino e realizado a leitura de algumas reportagens que envolviam a aplicabilidade da radiação infravermelha no cotidiano, os alunos se reuniram em grupos para a confecção dos mapas

colaborativos. Tínhamos por objetivo, verificar a mudança conceitual, ou seja, a gama de conceitos depois das atividades experimentais propostas aumentou. Bem como, averiguar se as dificuldades encontradas por eles no curso da construção dos MCs individuais diminuíram ao trabalharem em grupo. A Figura 14, abaixo, é o exemplo que recorreremos para ilustrar o mapa conceitual construído em grupo. A construção de um mapa colaborativo demandou dos alunos um momento de externalização, para a organização das próprias ideias e seleção dos conhecimentos relevantes para a execução da tarefa em grupo; outro momento para a elicitación, do qual os pensamentos divergentes são valorizados na construção dos conhecimentos organizados na externalização; e por fim, o consenso, em que as decisões levam à convergência e as melhores ideias são filtradas e o mapa colaborativo surge.

Figura 15 - Exemplo de análise estrutural de MC Grupo - "Alunos 10, 11 e 27".



Fonte: Elaboração própria.

A partir do exemplo acima (FIGURA 14), obtemos o nível topológico de uma das equipes engajadas em refazer o mapa individual, só que agora em grupo. Nesse caso, os retângulos amarelos dizem respeito ao grau de ramificação do mapa e a seta

vermelha à profundidade hierárquica, ou seja, a “capacidade de diferenciar progressivamente um conceito” (DA CRUZ et al., 2021, p. 112).

O produto dessa ação deve-se agora à possibilidade do compartilhamento de ideias e pensamentos entre os alunos após momentos em que a Radiação Infravermelha foi apresentada a eles de diferentes maneiras. Aqui, não somente vimos essa situação, como também o evento em que há um empate na quantidade de marcações entre dois níveis topológicos. Neste ponto, utilizaremos um critério para definir qual nível ele se enquadra seguindo o mesmo que Almeida (2019). Vejamos então a seguir:

Tabela 6 - Avaliação MC Grupo da figura x.

MC: Grupo. ALUNOS: 10, 11 e 27.	NÍVEL TOPOLÓGICO							
		0	1	2	3	4	5	6
P A R Â M E T R O S	P1	T/C	C/T	C/T	C	C	C	C
	P2	0	<0,5	>0,5	1	1	1	1
	P3	0	0-1	2	3-4	5-6	5-6	≥ 7
	P4	0	0	0	<3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
	P5	0	0	0	0	0	1-2	≥ 2

Fonte: Elaboração própria.

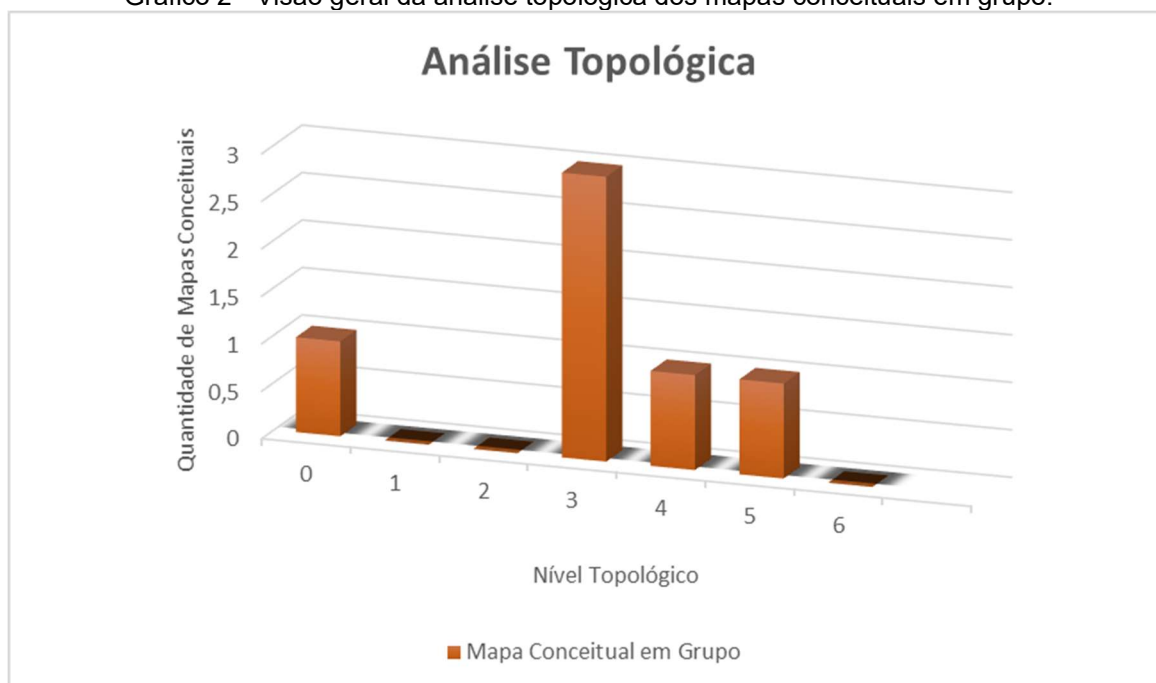
- **Parâmetro P1:** Este parâmetro analisa a utilização de conceitos em vez de trechos de texto. Nota-se a presença de 100% de conceitos, logo, em P1 esse mapa recebe marcações em todos os níveis dos quais contém “C”.
- **Parâmetro P2:** Seguindo a tendência do parâmetro anterior, aqui analisaremos o estabelecimento de relações entre conceitos. Os mapeadores utilizaram termos de ligação em todas as ligações, tendo preenchido todos os níveis “1”.
- **Parâmetro P3:** Para esse critério foi verificado o grau de ramificação, que se refere a quantidade de nós que apresentam mais de uma ramificação. Para esse critério foi assinalado o nível “3-4”, porque como mostrado nos contornos

amarelos, da figura 14, há quatro ramificações ao longo da estrutura proposicional.

- **Parâmetro P4:** Em P4 verificamos a profundidade hierárquica, dos quais os níveis que acomodam “ ≥ 3 ” foram selecionados, pois, há no máximo quatro ligações entre o conceito raiz, infravermelho, e o conceito mais distante.
- **Parâmetro P1:** Por fim, em P5 analisamos a presença de ligações cruzadas. Os níveis que contêm zero foram marcados, pois o mapa não apresenta nenhuma ligação cruzada.

Com essa análise notamos que houve empate nos níveis 3 e 4, pois ambos tiveram quatro itens marcados, como mostra a Tabela 6. Neste caso, o critério decisivo para desempate seguiu a regra hierárquica: $P5 > P4 > P3$, conforme Almeida (2019). Portanto, o mapa se classificou em um nível 4, pois possui 3 ou mais níveis de hierarquia, não apresenta explicações longas e nem palavras de ligação ausentes, tem alto grau de ramificação (entre 5 e 6) e 3 ou mais níveis de hierarquia.

Gráfico 2 - Visão geral da análise topológica dos mapas conceituais em grupo.



Fonte: Elaboração própria.

Percebemos que seguindo a mesma tendência dos mapas conceituais individuais, predominantemente o nível topológico que se mantém em evidência é o 3, o que representa 50% dos mapas em grupo ($n=3$). Um fato curioso é que não houve a incidência de MCs classificados no nível 6, tal qual nos individuais. Além disso, os

MCs em grupo mantêm o nível 0 (n=1) e nos outros dois níveis, 1 e 2, não houve classificação. Considera-se os níveis 0, 1 e 2 indicam estruturas cognitivas pobres e pouco aprimoradas, ao passo que os níveis 3, 4, 5 e 6 demonstrando a existência de estruturas conceituais complexas e consolidadas. Para Schäfer et al. (2012) a conceituação e construção de significado demonstrada pela maioria dos aprendizes durante a intervenção revelou a aplicabilidade do trabalho com representações alternativas de registros textuais lineares para desencadear ou promover a conscientização que reflete a conceituação sobre ele.

5.2. OS DIÁRIOS DE BORDO

Os diários de bordo, aqui analisados, foram confeccionados em duas etapas pelos alunos, individualmente e em grupo, assim como nos mapas conceituais. Individualmente, 21 alunos descreveram as maiores dificuldades para realizar a primeira tarefa e o impacto no desempenho da atividade. Em grupo, obtemos 6 respostas após algumas intervenções, dentre elas programar a placa de arduino. Além disso, abordaremos as impressões da professora que também registrou as suas dificuldades mediante ao progresso da sequência didática.

As anotações contidas nesta ferramenta serviram para investigar e acompanhar a evolução do conhecimento no processo de ensino e aprendizagem dos alunos e na reflexão da prática da docente. Os diários de bordos possuem essa característica pois “tem como objetivo facilitar o registro das atividades, permitindo ao articulador refletir sobre a sua prática e procedimento de sua tarefa” (OLIVEIRA et al., 2017, p. 119). Logo,

um diário de bordo bem realizado é, portanto, algo que documenta processos de criação, e que acaba por ganhar, como texto, ‘vida própria’, funcionando como ferramenta de concomitantes aproximação e distanciamento do trabalho processual (...)” (MACHADO, 2002, p. 262).

5.2.1. DIÁRIO DE BORDO DOS ALUNOS

Ao longo do desenvolvimento da atividade, os alunos relataram muitas dificuldades para desenvolverem as atividades propostas. Consoante a isso, “através do Diário de Bordo é possível levar em consideração as particularidades dos sujeitos

jovens estudantes em formação” (MOURA, 2006). Isso proporciona uma reflexão constante de como proceder diante do processo educacional dos estudantes. Algumas vezes foi necessário mudar a rota e a condução da SD diante das adversidades.

Estávamos em face de um cenário pandêmico no qual os estudantes passaram um bom período fora da escola e ao fim de um processo de revezamento. O primeiro diário de bordo foi aplicado no mesmo dia que o mapa conceitual individual, à medida que os alunos fossem finalizando a confecção de seus mapas a professora entregava a diário de bordo. Com relação a isso, é sabido que

desde a educação infantil ao ensino médio, os portfólios são muitas vezes desmerecidos, vistos como abordagem “fraca” de avaliação. No entanto, os portfólios e as formas não qualitativos de evidências se mostraram muito bem-sucedidos em outros contextos. (RESNICK, 2020, p. 140)

Para isso, era solicitado apenas que eles elencassem as suas maiores dificuldades e o impacto desta no desenvolvimento da atividade. Algumas respostas foram bastante recorrentes como:

Quadro 3 - Trecho de resposta do diário de bordo do “Aluno 5”

“Por não saber o tema e acabou que não soube elaborar direto.”

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4 - Trecho de resposta do diário de bordo do “Aluno 6”

“Não conhecer o assunto e achar um verbo de ligação coerente.”

Fonte: Elaboração própria.

Podemos destacar que os itens mais citados foram a inabilidade com a ferramenta, falta de afinidade e conhecimento do tema. Contudo, a mediação foi muito importante nesse momento para que esses problemas fossem detectados e não deixar que essa dificuldade resultasse em desistência e entrega de tarefa em branco. Como foi notado que muitos não estavam conseguindo sair do zero e colocar no papel algo que pudesse dar indícios de como eles entendiam o tema, eles foram autorizados a pesquisar na internet sobre o que a radiação infravermelha se tratava. Essa atitude os ajudou a ter noção do objeto de estudo e boa parte dos discentes progrediram na atividade, o que refletiu em respostas no qual esse fato foi citado:

Quadro 5 - Trecho de resposta do diário de bordo do “Aluno 17”

“Eu não tive conhecimento sobre o assunto, então tive que dar uma pesquisada. Tive dificuldade em qual verbo de ligação por e como esquematizar o mapa, eu aprendi bastante com a técnica”

Fonte: Elaboração própria

Ainda assim, alguns alunos relataram a preferência pelos mapas mentais, pois o julgaram como mais fáceis já que não há a necessidade de ter regras para confecção e agrupamento dos conceitos na estrutura proposicional.

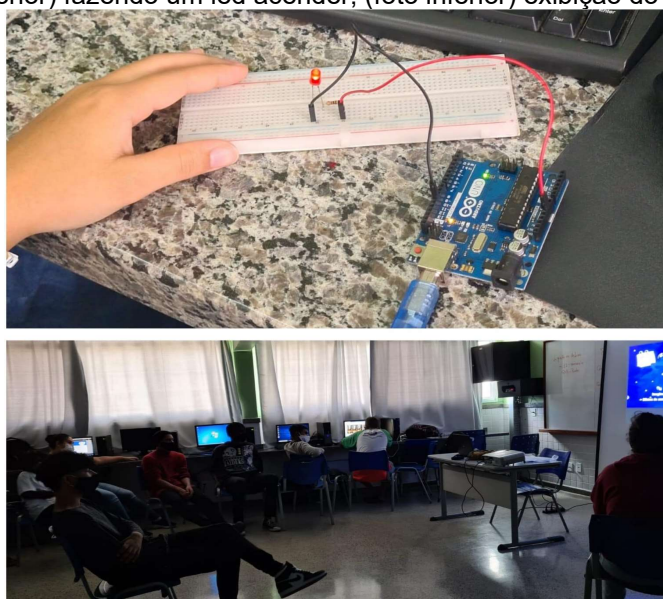
Quadro 6 - Trecho de resposta do diário de bordo do “Aluno 5”

“Bem complexo, queria que fosse mapa mental.”

Fonte: Elaboração própria.

O contexto dos diários de bordo em grupo foi um pouco diferente. Os alunos já tinham passado por situações em que tiveram mais contato com o tema, a partir de experimentos, leituras e discussão em grupo de reportagens que envolviam a aplicação de sensores infravermelhos e a exibição de um pequeno vídeo que tratava desse tipo de radiação, conforme a Figura 16.

Figura 16 - (foto superior) fazendo um led acender; (foto inferior) exibição do vídeo sobre radiação.



Fonte: Elaboração própria.

Além disso, o diário de bordo foi entregue aos alunos a partir da mesma dinâmica dos diários de bordo individuais. À medida que os grupos terminaram a elaboração dos mapas conceituais em grupo, os diários foram entregues para que em

grupo relatassem as dificuldades para realizar a tarefa e o impacto disso na execução do grupo.

Quadro 7 - Trecho de resposta do diário de bordo em grupo dos “alunos 9, 20, 21 e 24”.

“Não achamos muito difícil, mas o que deu um pouco de trabalho foi programar o arduino”

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 8 - Trecho de resposta do diário de bordo em grupo dos “alunos 7 e 17”.

“Não tivemos dificuldades em executar a tarefa, só ficamos um pouco chateados porque a luz led não acendeu.”

Fonte: Elaboração própria.

Os alunos se referiram muito à tarefa de acender o led e fazê-lo piscar. Apenas um grupo não conseguiu cumprir a tarefa e isso gerou um descontentamento desse grupo, tanto que eles relataram esse problema no diário de bordo. A partir disso, percebe-se que

se realmente nos importamos em preparar as crianças de hoje para que prosperem na sociedade de amanhã, precisamos repensar nossas abordagens de avaliação, nos certificando de dar foco no que é mais importante para as crianças aprenderem, não aquilo que pode ser medido facilmente. (RESNICK, 2020, p. 141)

Essas medidas, ainda que subjetivas, possuem um valor e peso avaliativo muito importante. Não é fácil medir criatividade, inovação, dificuldades e as facilidades enfrentadas pelos alunos ao longo do desenvolvimento do projeto, é preciso explorar diferentes maneiras de se avaliar.

5.3. QUESTIONÁRIOS

Nesta seção iremos abordar sobre os questionários, instrumentos qualitativos que utilizamos para como coleta de dados. Abaixo, em subseções separadas, trataremos o questionário inicial, empregado no início da SD com a finalidade de entender os conhecimentos precedentes dos estudantes; e o questionário de opinião, que objetivou levantar informações relativas à experiência de aprendizagem vivenciada pelos alunos ao longo da pesquisa acadêmica.

5.3.1. QUESTIONÁRIO INICIAL

Os questionários iniciais foram aplicados aos alunos da eletiva no terceiro encontro e, ao todo, 21 alunos o responderam. Esta aula ocorreu após o segundo momento, na fase inicial da SD em que os alunos puderam visualizar sobre a bancada os experimentos dos quais eles iriam trabalhar ao longo da disciplina, conforme figura 17. Nessa ocasião, os alunos ficaram bastante empolgados porque eles ainda não tinham ideia de como interagiriam com a placa de arduino e quando viram os experimentos prontos, foi um alvoroço muito grande para ver o funcionamento de cada projeto.

Figura 17 - Apresentação dos experimentos aos alunos no segundo encontro.



Fonte: Elaboração própria.

No dia da aplicação do questionário, das duas aulas geminadas previstas, apenas uma foi efetivamente cumprida porque os professores tiveram treinamento para realização da prova do PAEBES e os alunos foram liberados mais cedo, logo o

planejamento foi prejudicado. Apenas vinte e um alunos responderam ao questionário, que continha sete questões; sendo quatro abertas e três fechadas. Essa inquirição tinha por finalidade avaliar os conhecimentos prévios sobre Radiação Infravermelha e conhecer qual experimento mais chamou atenção deles, movido pela Paixão, um dos 4 P's da Aprendizagem Criativa de Mitchel Resnick. Além disso, desejávamos também saber qual era o grau de familiaridade com as placas de arduino e programação que eles possuíam, conforme Figura 17, abaixo.

Figura 18 - Questionário inicial - 1ª parte.

**RESPONDA AS QUESTÕES ABAIXO DE ACORDO COM O SEU
CONHECIMENTO ACERCA DO ASSUNTO**

Questão 1: Crie uma nuvem de palavras com o tema "Infravermelho".

Questão 2: Você acredita que o infravermelho pode fazer mal à saúde humana? Justifique.

Questão 3: Você tem conhecimento da existência de algum aparelho que funciona e/ou detecta o Infravermelho?

Fonte: Elaboração própria.

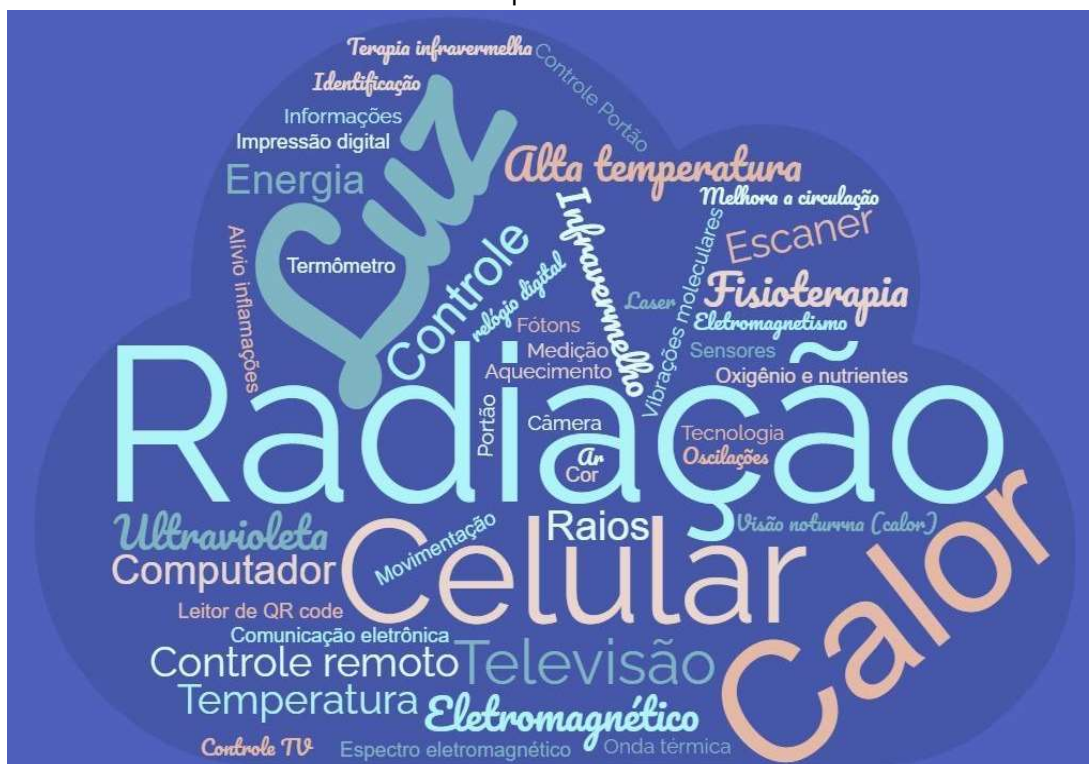
Foi solicitado aos alunos que eles colocassem no quadro palavras que eles associavam à radiação infravermelha, tal qual uma nuvem de palavras. Adotamos essa postura pelo fato de termos percebido a dificuldade apresentada pelos alunos na confecção dos mapas conceituais e por analisarmos que colocar palavras soltas poderia auxiliar a compreender como entendia o tema.

A nuvem de palavras as agrupa e as organiza graficamente em função da sua frequência. É uma análise lexical mais simples, porém graficamente bastante interessante, na medida em que possibilita rápida identificação das palavras chave de um *corpus*. (CAMARGO, p. 516, 2013)

Portanto, ao assumirmos essa abordagem temos a possibilidade de verificar diretamente quais termos os alunos associam ao tema trabalhado. Levando em consideração que as palavras foram colocadas exatamente da maneira como os alunos escreveram no papel, podemos ver que as três palavras mais frequentes, em ordem crescente, representadas na nuvem abaixo são: Radiação, luz e calor. E as três menos frequentes, em ordem decrescente, são: Termômetro, vibrações moleculares e visão noturna (calor).

Diante disso, percebemos que boa parte das palavras postas têm sentido conceitual correto ou aproximasse do experimento prático do qual eles foram apresentados. Alguns termos fogem um pouco ao tema, como por exemplo “ultravioleta”, “ar” e “oxigênio e nutrientes”, mas são elementos pouco constantes e que acabam por não refletir a visão geral do grupo.

Figura 19 - Nuvem de palavras do tema Infravermelho produzido com as respostas dadas pelos alunos no questionário inicial.



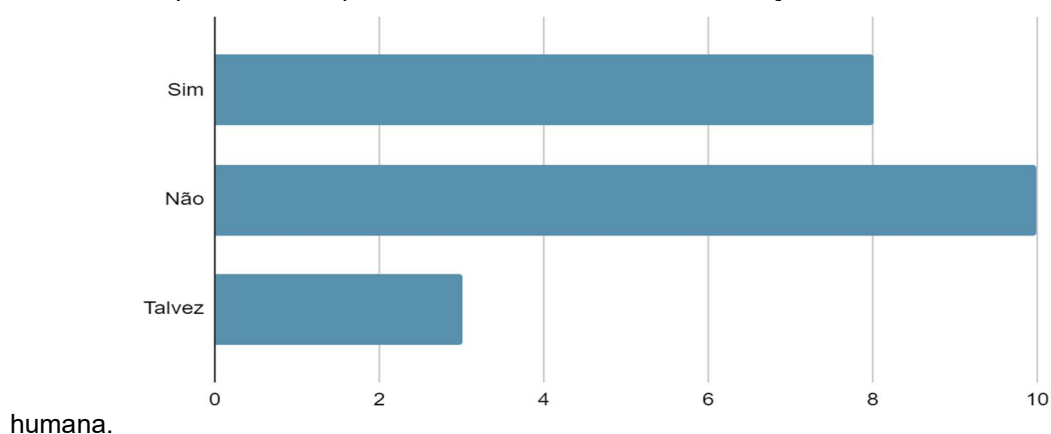
Fonte: Elaboração própria⁸.

⁸ Criado em: <https://www.wordclouds.com/>

Dessa forma, com as intervenções posteriores o professor pode facilmente retornar à essas palavras para desconstruir esse senso de alguns alunos. VASCONCELLOS-SILVA et al. (2018) afirmam que a leitura das enunciações originais apontadas pelas frequências na nuvem de palavras expõe núcleos de sentidos no formato de demandas e tensões convergentes. E acreditam que a utilização desse recurso pode expressar sentidos conceituais e sensoriais que se constroem na tentativa de dar sentido a algo intangível e inacessível aos discursos esperados pelos alunos.

Quando questionados os alunos se eles acreditavam que o infravermelho faz mal à saúde, verificamos os seguintes resultados, segundo gráfico abaixo:

Gráfico 3 - Frequência de respostas sobre os malefícios da Radiação Infravermelha à saúde



Fonte: Elaboração própria.

A seguir, traremos trechos de respostas advindas dos alunos para essas perguntas relativas às três categorias de respostas advindas da pergunta feita

Quadro 9: Trecho de resposta da questão 2 do “Aluno 6”.

Sim, se houver exposição em excesso pode causar queimaduras na pele. A radiação causa envelhecimento precoce.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 10: Trecho de resposta da questão 2 do “Aluno 4”

Não, pois mesmo que tenha radiação ela é muito pouca ou seja não dá para causar danos para saúde.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 11: Trecho de resposta da questão 2 do “Aluno 7”

Dependendo da forma como for usado pode ou não.

Fonte: Elaboração própria.

Para analisarmos os fragmentos de texto apresentados acima; presentes nos quadros 9, 10 e 11, respectivamente; utilizamos a mediação semiótica do pensamento de Lev Vygotsky, para nortear a nossa investigação. Essa análise foi utilizada apenas para buscarmos indícios de como a internalização dos instrumentos e signos se dão e atuam na construção de processos mentais superiores dos educandos. A partir dos processos mentais elementares ocorre o desenvolvimento mental superior, que é pelo qual o processo de aprendizagem se dá e relaciona diretamente com os signos e a linguagem. Barbosa & Batista (2016), categorizam a mediação semiótica de acordo com os parâmetros abaixo:

1) **Unidade temática ou de significação** - natureza da explicação adotada pelo aluno com relação aos fenômenos físicos.

Unidades de registro:

1.1) **Explicação espontânea** - apresenta um texto em que não se utiliza os termos científicos nem os seus sentidos e significados.

1.2) **Explicação quase-reprodutora** - apresenta um texto em que se adota os termos científicos, mas não os apresenta com o sentido e/ou significado conferidos pela Física.

1.3) **Explicação reprodutora** - apresenta uma explicação em que se utiliza conceitos físicos, jargão e foco em aspectos considerados pela Física para explicar o movimento dos corpos (explicação estritamente científica).

1.4) **Explicação reprodutora-criativa** - apresenta uma explicação que utiliza os conceitos e ideias da Física por meio de sua própria (ou nova) linguagem - uma forma de expressão criativa dentro do escopo da Física. (BARBOSA & BATISTA, p. 60, 2016)

Assim, para o caso do respondente “Aluno 6”, no quadro 9, podemos verificar o indicativo de uma Explicação Reprodutora, visto que ele conseguiu expressar o conhecimento aprendido relacionando corretamente com os efeitos biológicos causados pelo infravermelho ao corpo humano. “Esse é um estágio em que o estudante tem consciência dos seus próprios processos mentais, porém se remete ao pensamento e à linguagem do outro” (BARBOSA; DE LOURDE DE BATISTA, 2018, p. 58). Já o “Aluno 4” e o “Aluno 7”, nos Quadros 10 e 11, podem ser enquadrados em Explicação Espontânea, visto que é possível notar a ausência de termos científicos, nem sentido ou significado, além do desconhecimento do que esse tipo de radiação pode provocar aos seres humanos. “Trata-se de um estágio não-consciente, em que o estudante não dirige sua atenção para os seus atos de pensamento, mas para o objeto a que se refere (BARBOSA; DE LOURDE DE BATISTA, 2018, p. 58)”. Dessa

maneira, conseguimos perceber por meio desses trechos um domínio parcial das noções a respeito da radiação infravermelha. Essas respostas, retratam de maneira simplificada a falta ou incompletude de informações e conceitos sobre o assunto estudado.

Quando questionados sobre o conhecimento de aparelhos que funcionam ou detectam infravermelho, apenas um aluno alegou desconhecimento, porém boa parte deles colocaram os controles remotos como objetos conhecidos. Tivemos respostas que relacionavam aos experimentos que eles iriam montar como o robô seguidor de linha e os termômetros. Outras respostas curiosas apareceram como: leitores de QR code, televisão, luz e babá eletrônica; e outras esperadas como: alguns tipos de câmeras, celulares, televisões, sensores de arduino e detectores de presença.

Figura 20 - Questionário inicial - 2ª parte.

Questão 4: Dos experimentos abaixo, escolha 2 (dois) que você mais se interessou e gostaria de explorar um pouco mais:

Termômetro Infravermelho;

Distribuidor de Líquidos Automático;

Robô Seguidor de Linha.

Questão 5: De acordo com a sua resposta acima, o que mais te chamou atenção dos experimentos selecionados e te motivou a querer saber mais sobre eles?

a) Experimento 1:

b) Experimento 2:

Questão 6: Você conhece o Arduino?

Sim;

Não.

Questão 7: Como você avalia o seu conhecimento em programação?

Nenhum conhecimento;

Pouco conhecimento;

Regular conhecimento;

Bom conhecimento;

Muito conhecimento.

Fonte: Elaboração própria.

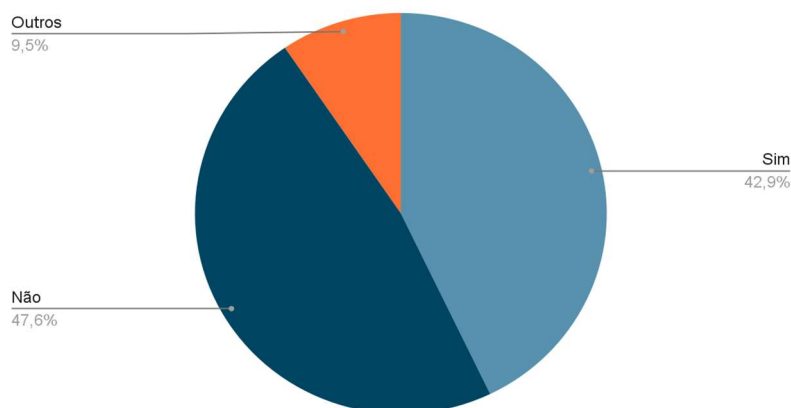
A quarta pergunta do questionário dizia a respeito do experimento que os alunos mais se interessaram após a exposição deles sobre a bancada. Objetivamos com essa questão dividir os alunos em grupos com base no interesse deles, para termos grupos engajados e interessados em trabalhar em um mesmo desejo comum, com base na Paixão, um dos 4 P's da Aprendizagem Criativa. Sobre isso, destaca-se que

quando as pessoas trabalham em projetos nos quais têm interesse, parece óbvio que estejam mais motivadas e dispostas a trabalhar mais e por mais tempo, mas isso não é tudo. A paixão e a motivação tornam mais provável que elas se conectem com ideias novas e desenvolvam novas formas de pensar. O investimento delas em interesses pessoais rende novos conhecimentos. (RESNICK, 2020, p. 64)

As respostas foram coletadas e a partir disso pudemos estabelecer os grupos para cada um dos experimentos (robô seguidor de linha, termômetro infravermelho e distribuidor de líquidos automático). Os alunos participaram de todo o processo de divisão, visto que havia a opção de eles selecionarem até duas opções para evitar que houvesse um experimento favorito. Houveram 6 grupos, com capacidade de 3 a 4 alunos, sendo dois para cada um dos experimentos. Nove alunos marcaram como primeira opção o termômetro infravermelho e, também, nove alunos marcaram como segunda opção que o experimento distribuidor de líquidos automático foi o que eles gostariam de explorar.

Ao serem perguntados sobre o conhecimento da placa Arduino, quase a metade dos alunos responderam desconhecem, cerca de 43% dos alunos conheciam e aproximadamente 10% do público, referente a 2 alunos, foram classificados em "outros", pois ou marcaram duas respostas ou não responderam. Esses números refletem um pouco do público da presente pesquisa. Alguns alunos que cursaram a disciplina anterior, que também era sobre programação em placa de arduino, permaneceram na eletiva, refletindo nos números presentes abaixo.

Gráfico 4 - Frequência de respostas sobre conhecer a placa Arduino.



Fonte: Elaboração própria.

Por fim, na pergunta “como você avalia o seu conhecimento em programação?”, os resultados se concentraram nos três primeiros pontos da escala Likert, sendo o mais frequente “pouco conhecimento”, seguido por “nenhum conhecimento” e por último “regular conhecimento”. Nenhum aluno alegou pleno domínio pela ferramenta. Conhecer, como muitos assinalaram na pergunta acima, não significa saber programar, mesmo que o objetivo da pesquisa não fosse ensinar programação de fato. O resultado foi tabulado e o valor da concordância multiplicado pelo número de votos recebido para que a média ponderada das concordâncias fosse realizada, seguindo os procedimentos metodológicos de Ludwing (2015).

Quadro 12 - Análise da escala Likert a partir da média de acordo com a resposta dos alunos por meio do questionário inicial.

Afirmação	Nível de concordância					Média
	Nenhum conhecimento	Pouco conhecimento	Regular conhecimento	Bom conhecimento	Muito conhecimento	
	1	2	3	4	5	
Em relação à avaliação do seu conhecimento em programação	7	9	3	-	-	2,3

Fonte: Elaboração própria.

O resultado obtido nessa pergunta ficou abaixo da média, sugerindo a necessidade desse ponto ser trabalhado e revisto pela professora, pois isso impacta diretamente no nível de interesse e progresso dos alunos diante dos experimentos escolhidos por eles.

5.3.2. QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Ao final da SD os alunos foram convidados a responderem um questionário de opinião sobre a intervenção realizada na eletiva. Essa análise não se tratou do questionário inicial, mas daquele utilizado para eliciar as opiniões dos alunos sobre o curso da intervenção (MCCLELLAND, 1976). O objetivo dessa atividade era promover uma reflexão sobre o que eles aprenderam, a frequência da participação deles ao longo do trimestre, qual experimento que mais gostaram de trabalhar, se foi bom trabalhar em equipe, qual o impacto da eletiva na vida deles, dentre outros. Todo o questionário foi com questões fechadas, sendo que algumas perguntas seguiram a escala Likert para avaliação das respostas obtidas. Dos 25 alunos matriculados na eletiva e que passaram por ela ao longo do trimestre, apenas 5 alunos responderam às perguntas propostas pela professora. Abaixo, nas figuras 20 e 21, encontram-se o questionário dividido em duas partes para melhor visualização.

Figura 21 - Questionário de opinião - 1ª parte.

<p>1. Escolha sua turma:</p> <p>() 1M1 () 1M2 () 1M3 () 1M4 () 1M5 () 1M6 () 2M1 () 2M2 () 2M3 () 2M4 () 2M5 () 2M6 () 3M1 () 3M2 () 3M3 () 3M4</p> <p>2. Numa escala de 1 até 5, dos 7 encontros que tivemos nessa eletiva, quantas vezes participou?</p> <p>() 1 - nenhum. () 2 - dois. () 3 - até quatro. () 4 - a maioria, faltei pouco. () 5 - estive em todos.</p> <p>3. Qual dos experimentos o seu grupo se propôs a desenvolver?</p> <p>() Robô Seguidor de Linha. () Termômetro Infravermelho. () Distribuidor de Líquidos Automático</p> <p>4. Em qual das etapas teve mais dificuldade?</p> <p>() Escolha do produto(experimento). () Compreender a linguagem de programação () Montagem do experimento. () Compreender o conceito abordado. () Confeccionar os mapas conceituais.</p>

Fonte: Elaboração própria.

Dos cinco alunos que responderam ao questionário de opinião, três eram da 1ª série do EM e dois eram da 2ª série. Quatro alunos estiveram presentes em todos os encontros e um esteve em até quatro aulas, das sete que efetivamente tiveram atividades. Três alunos gostaram de desenvolver o termômetro infravermelho, um aluno gostou do robô seguidor de linha e outro se afeiçãoou pelo distribuidor de líquidos automático. Eles apontaram, três alunos, que a maior dificuldade enfrentada por eles foi a escola do experimento; outro aluno, um deles, marcou que a confecção dos mapas conceituais foi o seu maior desafio; e o último marcou duas lacunas, a compreensão da linguagem de programação e dos conceitos abordados. Podemos prognosticar padrões de respostas bem semelhantes a todos os itens e respostas coerentes de cada respondente, isto é, quase tudo no mesmo nível de concordância (MCCLELLAND, 1976). Dessa maneira, os alunos respondentes tiveram respostas bem parecidas entre si, em comparação com os que cooperaram com a execução do questionário.

Figura 22 - Questionário de opinião - 2ª parte.

<p>5. Como foi sua interação com o seu grupo?</p> <p><input type="checkbox"/> Nenhuma, pois faltei bastante ou os demais faltaram.</p> <p><input type="checkbox"/> Pouca, pois não conseguimos nos comunicar direito devido as trocas de escalas.</p> <p><input type="checkbox"/> Média, pois mesmo não estando todos os encontros juntos, nos interagimos bem e desenvolvemos nosso experimento.</p> <p><input type="checkbox"/> Razoável, apesar de nos encontramos com bastante frequência não tivemos uma boa comunicação e não desenvolvemos cem por cento.</p> <p><input type="checkbox"/> Ótima, pois todos do grupo participaram contribuindo de sua forma e concluímos o nosso experimento.</p> <p>6. Gostou de trabalhar em equipe e desenvolver projetos com maior autonomia e debates com os colegas de grupos e trocas de ideias com os demais colegas e professor</p> <p><input type="checkbox"/> 1 – discordo totalmente</p> <p><input type="checkbox"/> 2 - discordo</p> <p><input type="checkbox"/> 3 - indeciso</p> <p><input type="checkbox"/> 4 - concordo</p> <p><input type="checkbox"/> 5 – concordo totalmente</p> <p>7. Em sua opinião numa escala de 1 a 5 qual foi a importância dessa eletiva para sua vida?</p> <p><input type="checkbox"/> 1 – sem importância</p> <p><input type="checkbox"/> 2 – pouco importante</p> <p><input type="checkbox"/> 3 – razoavelmente importante</p> <p><input type="checkbox"/> 4 – importante</p> <p><input type="checkbox"/> 5 – muito importante</p> <p>8. Dos conceitos desenvolvidos nos experimentos, adquiri mais conhecimento sobre algo que não sabia?</p> <p><input type="checkbox"/> 1 – discordo totalmente</p> <p><input type="checkbox"/> 2 - discordo</p> <p><input type="checkbox"/> 3 - indeciso</p> <p><input type="checkbox"/> 4 - concordo</p> <p><input type="checkbox"/> 5 – concordo totalmente</p>

Fonte: Elaboração própria.

Em relação à interação dos grupos, três alunos classificaram como ótima, pois todos os alunos participaram contribuindo de sua forma para concluir o experimento e apenas dois alunos marcaram que houve pouco entrosamento devido ao revezamento da pandemia. Devemos esse resultado ao questionário inicial, no qual pretendemos juntar grupos que tinham uma vontade em comum: trabalhar com o experimento que despertasse paixão, uma dos 4 P's da aprendizagem criativa, com isso, os grupos formados eram compostos por pessoas engajadas em desenvolver aquele projeto especificamente.

Na afirmação “Gostou de trabalhar em equipe e desenvolver projetos com maior autonomia e debates com os colegas de grupos e trocas de ideias com os demais colegas e professores”, três alunos concordaram com a sentença, um aluno apontou indecisão; e o último dos cinco marcou “concordo” e “concordo totalmente”.

Ao pedir que eles escalassem o grau de importância da eletiva de 1 a 5, as respostas foram bem difusas. Um aluno julgou “pouco importante”, outro “razoavelmente importante”, dois alunos classificaram como “importante” e outro “muito importante”. Esse resultado mostra-se bastante interessante visto que aqueles que observaram maior significado na disciplina foram justamente os alunos que já tinham contato com a eletiva anterior que trabalhou com programação e arduino.

Por fim, na pergunta “dos conceitos desenvolvidos nos experimentos, adquiri mais conhecimento sobre algo que não sabia?”, dois alunos apenas concordaram, enquanto três concordaram totalmente. Após a coleta dos resultados, estes foram tabulados sendo, o valor da concordância multiplicado pelo número de votos recebido e, por fim, feita a média ponderada das concordâncias (LUDWING, 2015).

Quadro 13 - Análise dos dados e médias de acordo com as respostas dos entrevistados por meio do questionário de opinião.

Afirmações	Nível de concordância					Média
	Discordo totalmente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concorde Parcialmente	Concordo Totalmente	
	1	2	3	4	5	
Em relação à	-	-	3	-	20	4,6

presença e participação na eletiva.						
Em relação à interação com o grupo.	-	4	-	-	15	3,8
Em relação ao trabalho em equipe.	-	-	3	16	5	4,0
Em relação ao grau de importância da eletiva na vida.	-	2	-	8	5	3,75
Em relação aos conhecimentos adquiridos na eletiva.	-	-	-	8	15	4,6

Fonte: Adaptado de Ludwing, 2015.

Para (MESQUITA, 2005), a escala Likert verifica o grau de concordância ou não das afirmações e perguntas, obtendo os resultados por meio da pontuação atribuída a cada resposta, com base na escala proposta de 5 pontos, as afirmativas com valor de média menor que 3 são consideradas discordantes, e devem ser trabalhadas. Para as afirmativas com média maior que 3, são consideradas concordantes e devem manter uma manutenção constante. Logo, percebemos que a interação dos grupos e a importância da eletiva na vida dos alunos é algo que necessitaria ser melhor trabalhado enquanto as demais, apenas monitorar para não cair para níveis insatisfatórios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seymour Papert (1928-2016) foi um dos maiores simpatizantes por uma aprendizagem mais criativa. Ele defendia uma educação em que os estudantes pudessem construir o seu próprio conhecimento por meio de computadores, quando ainda nem se discutia de maneira tão difundida o uso de tecnologias educacionais da maneira como é visto na atualidade. O Construcionismo de Papert é um “resumo” do Construtivismo de Piaget, porém utilizando tecnologia a partir da programação LOGO. Essa nova forma de ensinar, anos mais tarde, mais precisamente em 2007, inspirou Mitchel Resnick a lançar o Scratch junto a seu grupo Lifelong Kindergarten do MediaLab, MIT (Massachusetts Institute of Technology). Alicerçado a essa ideia, de Resnick, a Aprendizagem Criativa conferiu base para uma disciplina eletiva da qual tivemos o propósito de unir a Física às placas de Arduino para promover o estudo da Radiação Infravermelha por meio dos microcontroladores.

Os dados foram obtidos a partir dos mapas conceituais, esses poderosos instrumentos, capazes de fornecer aos pesquisadores como é a estrutura proposicional dos mapeadores. Com isso, conseguimos detectar sinais de como é a forma que os estudantes relacionam os conceitos físicos a partir das metodologias propostas. Trabalhando individualmente e colaborativamente, eles puderam enriquecer seus repertórios criativos com muita troca e mediação, a partir dos aspectos centrais da teoria Sociointeracionista de Vygotsky.

Esses resultados também evidenciam que o nível conceitual, analisado por meio da Taxonomia Topológica de Cañas e Novak (2006), praticamente se manteve ao longo da intervenção. Dada a situação pandêmica, em um cenário bastante adverso, o resultado é adequado porque o repertório teórico dos alunos passou por estímulos diferentes dos quais eles não estavam tendo contato ultimamente. Promover o uso de tecnologias educacionais, em um momento em que a geração é bastante digital, é de grande valia para diversificar as maneiras de ensinar.

Para além dessas observações em relação às análises da cognição, há indícios que os alunos se tornaram ativos diante de sua aprendizagem e de maneira criativa. Isso porque a escolha por um projeto que mais lhe agradava despertou o interesse e ajudou os alunos a trabalharem por mais tempo e ativamente no decorrer do processo educativo. Ademais, a promoção dos diários de bordo foi interessante e bem vista pelos discentes, pois permitiu uma plena reflexão ao longo do percurso educacional.

Dessa maneira, os experimentos escolhidos para a sequência didática, para uma posterior aplicação, podem ser substituídos por outros mantendo o assunto de radiação infravermelha, como também optar pela mudança no foco de estudo utilizando outras abordagens experimentais, de acordo com os objetivos que o pesquisador pretende atingir e seu público-alvo. O contexto do educando precisa ser levado em consideração a todo momento, pois se trata de um campo que apesar de gerar curiosidade por parte dos alunos, ainda gera temor e desconfiança sobre as facilidades e dificuldades no ato de programar. Os kits de Arduino básico contam com diferentes tipos de sensores e componentes que permitem uma infinidade de aplicações e construções de projetos que envolvem outros ramos da Física.

É importante salientar que a variedade de tarefas criativas que essa sequência didática dá oportunidade aos alunos, a contar das diferentes formas de aprender um conteúdo pouco tratado em sala de aula, com maiores detalhes e aplicados ao cotidiano. Em um momento em que as tecnologias tomam cada vez mais conta dos espaços, desenvolver práticas voltadas a esse universo motivam e atraem os alunos para um ambiente que cada vez mais perde o brilho e necessita ser reinventado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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**, vol. 13, nº 2, p. 141-157, 2013.
- ALMEIDA, C.B. C. **Solventes orgânicos inalantes e suas conexões com a química da vida: uma sequência didática com abordagem CTSA para o desenvolvimento de percepções sobre drogas inalantes**. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) - Instituto Federal do Espírito Santo, p. 193. 2019.
- BARBOSA, R. G.; BATISTA, I. de Desenvolvendo a criatividade nas aulas de Física. **Física na Escola**, v. 14, n. 1, p. 59-61, 2016.
- BARBOSA, R.G.; DE LOURDES BATISTA, I. Vygotsky: Um referencial para analisar a aprendizagem e a criatividade no ensino da Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 49-67, 2018.
- BERMUDES, Wanderson Lyrio et al. **Tipos de escalas utilizadas em pesquisas e suas aplicações**. *Revista Vértices*, v. 18, n. 2, p. 7-20, 2016.
- BOHM, L.F.; FRIEDRICH, B. Q.; ANDRADE, J. R. M. **Avaliação da utilidade de aplicação de técnicas de mineração de texto com uso da ferramenta de nuvens de palavras em laudos radiológicos de exames de RX TÓRAX (COVID-19) em comparação a exames de RX TÓRAX (LEITO) de rotina**. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, p. 549, 2018.
- CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. **IRAMUTEQ**: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em psicologia*, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.
- CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D.; MILLER, N. L.; COLLADO, C.; RODRÍGUEZ, M.; CONCEPCIÓN, M.; SANTANA, C.; PEÑA, L. **Confiability de una taxonomia topológica para mapas conceptuales**. In: **II International Conference on Concept Mapping**, San José, Costa Rica, 2006.
- CHAVES, Alaor. **Física básica: eletromagnetismo**. LTC, 2007.
- COELHO, R. F. **Um estudo sobre os benefícios e riscos das radiações com enfoque CTS articulado à perspectiva investigativa**: Um projeto de ensino desenvolvido no IFES Cachoeiro de Itapemirim. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 162. 2019.
- CORDOVIL, V. R. S.; FRANCELIN, M. M. Organização e representações: uso de mapa mental e mapa conceitual. **XIX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO (XIX ENANCIB); XIX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO (XIX ENANCIB)**, v. 24, n. 2, 2018.

DA CRUZ ALMEIDA, C. B. et al. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA NO ENSINO DE QUÍMICA: CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NUMA ABORDAGEM CTSA NO DESENVOLVIMENTO DE PERCEPÇÕES SOBRE DROGAS INALANTES. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 96-125, 2021.

DE ANCHIETA SILVEIRA, J. Construcionismo e inovação pedagógica: uma visão crítica das concepções de Papert sobre o uso da tecnologia computacional na aprendizagem da criança. THEMIS: **Revista da Esmec**, v. 10, p. 119-138, 2016.

DIONISIO, Paulo Henrique. **A força eletromotriz de movimento e os fundamentos da teoria eletromagnética clássica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, p. 4302-1-4302-13, 2010.

EISBERG, R. M; RESNICK, R. **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. 23ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979.

FERRACIOLI, L. Mapas Conceituais como Instrumento de Eliciação de Conhecimento. **Revista Didática Sistêmica** (Online), v. 5, p. 65-77, jan-jun, 2007.

GAMA, L. P. **O estudo da natureza da luz: Uma introdução à Física quântica na 2ª série do ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 169. 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRIMM, A. M. (1999). **Meteorologia Básica**. Disponível em <<https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/index.html>>. Acesso em: 11 de janeiro de 2022.

GUARDA, G.; CUNHA, L. R. R.; DOS SANTOS GONÇALVES, C. Uso de Aplicativos Educacionais-Experiências com Aprendizagem Criativa na Educação Básica. In: **Anais do XXV Workshop de Informática na Escola**. SBC, 2019. p. 138-147.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: LTC, vol 3. 2009.

HEWITT, Paul. **Física Conceitual**. 12. ed. Bookman Editora, 2015.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Relatório Ocupação Social Feu Rosa**. v. 8. Vitória, ES: IJSN, 2017. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20170426_ij01455_v.8_feurosaocupacao-socialv4.pdf>. Acesso em 15 de mar. de 2022.

LUDWIG, J. P. et al. Planejamento estratégico: análise de eficácia da metodologia aplicada por meio da Escala Likert. **Revista ESPACIOS**| Vol. 36 (Nº 16) Año 2015, 2015.

MACHADO, M. M. O diário de bordo como ferramenta fenomenológica para o pesquisador em artes cênicas. **Sala Preta**, v. 2, p. 260-263, 2002.

MCCLELLAND, JOHN AG. Técnica de questionário para pesquisa. **Revista Brasileira de Física**, v. 1, n. 1, p. 93-101, 1976.

MESQUITA, R, C. **Estratégias competitivas das empresas produtoras de sementes de soja: um estudo exploratório no Sul de Mato Grosso**. (Dissertação de Mestrado). CNEC/FACECA. Faculdade Cenecista de Varginha. 2005.

MILLER, N. L. **An exploration of computer-mediated skill acquisition in concept mapping by in-service Panamanian public elementary school teachers**. Doctoral Program on the Information and Knowledge Society, Universitat Oberta de Catalunya, 2008.

MILLER, N. L.; CAÑAS, A. J. **A semantic scoring rubric for concept maps: design and reliability**. **Concept Mapping: Connecting Educators**. Proc. of the Third Int. Conference on Concept Mapping, Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland, 2008.

MOURA, F. A utilização do Diário de Bordo na formação de professores. In: **Proceedings of the 6th Psicanálise, Educação e Transmissão**. 2006.

NEVES, N. B. S. **Uma sequência didática para o ensino do eletromagnetismo no Ensino Médio, baseada em pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e da motivação**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 194 2019.

OKUNO, E; YOSHIMURA, E. Física das Radiações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

RESNICK, M. **Jardim de infância para a vida toda: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos**. Porto Alegre: Penso, 2020.

SANTOS, C. G. B. **Explorando a Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Médio para tratar de temas interdisciplinares a partir das aulas de química**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, 104 p, 2010.

SCHÄFER, Patrícia Behling et al. **Desenvolvimento da conceituação sobre a escrita mediado pela construção de mapas conceituais em uma rede de comunicação online: alguns resultados**. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação** [recurso eletrônico]. Porto Alegre. Vol. 10, n. 3 (dez. 2012),[10 p.], 2012.

SECRETÁRIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO (SEDU). **Currículo do Espírito Santo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Vitória. 2020.

SECRETÁRIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO (SEDU). **Texto introdutório - Ensino Médio**. Vitória. 2020.

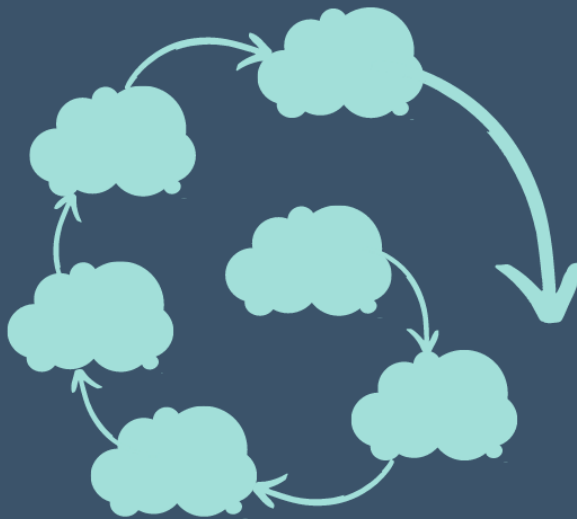
SILVA JUNIOR, S.D.; COSTA, F. J. Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion. PMKT – **Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**. São Paulo, Brasil, v. 15, p. 1-16, out. 2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: eletricidade e magnetismo**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, vol. 2, 2006.

TIPLER, P. A; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

VASCONCELLOS-SILVA, P. R.; SAWADA, A. Análise de conteúdo de nuvens de palavras produzidas na comunidade virtual “Hepatite C”. **V Seminário Internacional de pesquisa e estudos qualitativos**, 2018.

VILELA, R. B., RIBEIRO, A., & BATISTA, N. A. (2020). Nuvem de palavras como ferramenta de análise de conteúdo: Uma aplicação aos desafios do mestrado profissional em ensino na saúde. **Millenium**, 2(11), 29-36. DOI: <https://doi.org/10.29352/mill0211.03.00230>



$$4x = 8 - 3$$

$$B \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

$$y = \sin x$$

$$(x+y)^2 = \left(\frac{y}{2}\right)^2 = x^2 + 2$$

$$+ y^2 = 2 \quad \frac{\Delta x}{\Delta y} = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

$$(x+a) \sin x = e = \cos x$$

$$= (y-1)^2 \quad a+b=c$$



RADIAÇÃO INFRAVERMELHA E SUAS APLICAÇÕES:

UMA PROPOSTA DIDÁTICA DE MEDIAÇÃO
BASEADA NA APRENDIZAGEM CRIATIVA
COM UTILIZAÇÃO DE ARDUINO

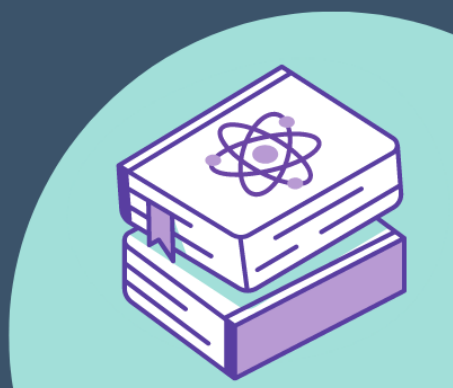


$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \pi \approx 3,14$$

$$y = \frac{A-C}{C} x^k$$

$$15 \Delta t = T - \frac{3a}{x}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$$





UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Karoline Gonzaga Oliveira

Gustavo Viali Loyola

**RADIAÇÃO INFRAVERMELHA E SUAS APLICAÇÕES: UMA
PROPOSTA DIDÁTICA DE MEDIAÇÃO BASEADA NA
METODOLOGIA DA APRENDIZAGEM CRIATIVA COM
UTILIZAÇÃO DE ARDUINO**

Vitória/ ES
Junho – 2021

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
1. CONCEITOS FÍSICOS	3
1.1. CALOR	3
1.2. RADIAÇÃO	4
1.2.1. Radiação ondulatória	5
1.2.2. Radiação infravermelha	6
2. EXPERIMENTOS	7
2.1. DISTRIBUIDOR AUTOMÁTICO DE LÍQUIDOS	8
2.2. TERMÔMETRO INFRAVERMELHO	12
2.3. ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA	16
3. INFORMAÇÕES ADICIONAIS	20
3.1. DICA AO PROFESSOR	20
3.2. DIÁRIO DE BORDO	22
3.3. MAPAS CONCEITUAIS	23
4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA	24
4.1. DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	25
4.2. QUADRO RESUMO	
368	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
	390

APRESENTAÇÃO

Apresenta-se o Produto da Dissertação de Mestrado de Karoline Gonzaga Oliveira, orientada pelo Prof. Dr. Gustavo Viali Loyola, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo.

O presente trabalho, intitulado por **Radiação Infravermelha e suas Aplicações: Uma Proposta Didática de Mediação baseada na Aprendizagem Criativa com Utilização de Arduino**, visa oferecer uma proposta de Ensino de Física fundamentada na teoria de desenvolvimento cognitivo de Vygotsky e baseada na Aprendizagem Criativa de Mitchel Resnick. Objetiva-se, portanto, incutir um posicionamento mediador ao professor, em que terá um papel importante no estímulo da criatividade e autonomia do discente, a fim de que este internalize novos conhecimentos.

Lev Vygotsky (1896-1934) criou o conceito de mediação e a descreveu como uma experiência social que requer colaboração e participação. “A teoria de Vygotsky tem profundas implicações instrucionais” (MOREIRA, 1999, p. 110) em que o professor se manifesta na figura do mediador do conhecimento e há o reconhecimento de outro sujeito: o parceiro mais capaz. Esse indivíduo tem um papel importante na aprendizagem, pois é sabido que “a linguagem é o mais importante sistema de signos” (MOREIRA, 1999. p. 114) e se tratando de uma abordagem em equipe, os alunos conseguem estabelecer uma melhor interação e comunicação entre eles visto que a fala media ações.

Sendo assim, este trabalho não pretende somente que os estudantes sejam mediados ou mediem em seus próprios grupos, mas que também desenvolvam a capacidade de imaginar, criar, brincar, compartilhar e refletir enquanto aprendem os conteúdos presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Essas ações são pensadas em função do espiral da aprendizagem criativa, onde entende-se que esse espiral se repete inúmeras vezes enquanto o processo criativo acontece, agindo como o motor do pensamento.

A Aprendizagem Criativa é inserida nessa proposta educacional com a finalidade de estimular o pensamento criativo a partir de quatro princípios: projetos, paixão, pares e pensar brincando. Resnick (2020, p. 15) acredita que “a melhor

maneira de cultivar a criatividade seja ajudando as pessoas a trabalharem em projetos baseados em suas paixões, em colaboração com pares e mantendo o espírito de pensar brincando.” Logo, a sequência didática conta com esses elementos norteadores para que em todos os encontros os alunos sejam desafiados a serem mais criativos.

Dessa forma, o foco dessa abordagem pedagógica é incentivar a apreensão dos conteúdos relevantes a partir do amadurecimento das funções mentais superiores dos alunos, além de fornecer um ambiente propício para despertar criatividade e o trabalho colaborativo entre os pares. Segundo Moreira (1999), a interação social que provoca a aprendizagem deve ocorrer dentro da zona do desenvolvimento proximal, portanto, os 4P's da aprendizagem criativa, aspira nortear toda a sequência didática de forma que objetive partir de problemas em que os alunos saibam resolver de modo independente, sem auxílio de um mediador, e alcancem o estágio onde sejam capazes de resolver problemas sob orientação, a zona de desenvolvimento potencial. Entende-se que essa zona é mutável e se encontra em constante processo de maturação e aprendizagem.

Pretende-se utilizar os mapas conceituais para a coleta de dados e verificar os indícios de aprendizagem. Segundo Novak & Gowin (1984) os mapas conceituais têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições, ou seja, são unidades semânticas fundamentais que podem ser compreendidas quando lidas e revelam as relações conceituais percebidas pelo mapeador. “Pode-se dizer que mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos que podem refletir a organização conceitual do sujeito sobre uma determinada área de conhecimento.” (FERRACIOLI, 2007, p. 65). É uma ferramenta importante para o ensino e de avaliação viável. A validação do instrumento é atestada por Cañas e Novak (2006) quando tratam sobre a taxonomia topológica dos mapas conceituais para verificar o progresso do conhecimento pelo aprendiz.

Baseado no apresentado, o público-alvo desse produto são os alunos da terceira série do Ensino Médio da Escola E.E.E.F.M Marinete de Souza Lira, da rede pública Estadual do Estado do Espírito Santo. A proposta é que a aplicação ocorra no horário regular das aulas e que seja colocado em prática a aprendizagem criativa sustentada na teoria da mediação de Vygotsky, utilizando os mapas conceituais e diário de bordo como instrumentos de coleta de dados e avaliação.

1. CONCEITOS FÍSICOS

A Física abordada no Ensino Médio tem um caráter de discutir não somente os fenômenos que permeiam a natureza, mas também se dedica em trazer conexões com o mundo em que vivemos e os impactos que essa ciência provoca na vida de todos quando se trata de desenvolvimento tecnológico. De acordo com Oliveira et al. (2018) o aluno se motiva quando percebe utilidade, quando há aproximação entre o conhecimento físico e a realidade que vivencia, então passa a dar significado ao que aprende e utiliza o conhecimento adquirido. Este projeto, portanto, trará uma proposta educacional de um tópico que nem sempre é abordado com detalhes dentro do currículo básico, mas que possui relevância: a física das radiações.

Com base nisso, o Currículo Básico da Escola Estadual insere o estudo das radiações na 3ª Série do Ensino Médio (apêndice A) e não traz em específico os tópicos que o professor precisa obrigatoriamente abordar. Este assunto é bastante extenso, o que permite vários caminhos e exposições, possibilitando a livre escolha do docente em relação à maneira como esse conteúdo será apresentado aos alunos.

Sendo assim, esse produto educacional irá se ater em tratar sobre a radiação infravermelha e para compor esse projeto, visa-se utilizar experimentação com placas de Arduino na explicação do fenômeno físico. Os experimentos escolhidos para este produto terão caráter de aplicação ao ensino e a área de robótica que será explorada por meio de sensores que possuem como princípio a radiação infravermelha. Todos os caminhos adotados terão como centralidade o aluno atuando como protagonista e o professor como mediador do conhecimento.

1.1. CALOR

No cotidiano, os conceitos de temperatura e calor são empregados, muitas das vezes, de maneira errônea. Isso não é diferente do que é visto em sala de aula. Nesse ambiente, onde o senso comum é combatido com a ciência, vemos os alunos reproduzindo o emprego dessas definições em discordância com o que é cientificamente correto, já que calor e temperatura estão em patamares conceituais diferentes, ainda que pareça haver similaridade. Enquanto o primeiro é uma energia térmica em trânsito, o outro “está associado a uma propriedade comum de sistemas em equilíbrio térmico.” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 158). Contudo, essas grandezas se relacionam durante o fenômeno físico, visto que “calor é a energia transferida de um sistema para o ambiente ou vice-versa devido a uma diferença de temperatura”

(HALLIDAY et al., 2009, p.190). Portanto, é naturalmente compreensível a confusão entre essas definições.

O calor se propaga, espontaneamente, sempre de um corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura. O sistema pode assumir valores nulos, negativos ou positivos para a quantidade de calor transferida, e cada um desses estados irão caracterizar uma situação: equilíbrio térmico, cedimento ou recebimento de calor.

Na natureza, o calor pode se propagar de três maneiras distintas: por condução, por convecção e por radiação. Dessa maneira, “a condução pode ser vista como a transferência de energia das partículas mais energéticas para as menos energéticas de uma substância devido às interações entre partículas” (INCROPERA et al., 2008, p.3). O meio material onde ocorre esse mecanismo de transferência pode ser sólido ou fluido (líquido ou gás). Já a convecção ocorre pela mudança da densidade do fluido envolvido no processo de transferência de calor. Sobre isso, Nussenzveig (2002) diz que

a convecção [...] se caracteriza pelo fato de que o calor é transferido pelo movimento do próprio fluido, que constitui uma corrente de convecção. Um fluido aquecido localmente em geral diminui de densidade e por conseguinte tende a subir sob efeito gravitacional. (p. 171)

Por fim, a radiação é um processo que não necessariamente necessita de um meio material para que a onda de calor se propague, logo, a transferência pode ocorrer no vácuo, já que se trata de uma radiação eletromagnética. “As ondas eletromagnéticas que transferem calor são muitas vezes chamadas de radiação térmica para distingui-las dos sinais eletromagnéticos [...] e da radiação nuclear [...]” (HALLIDAY et al., 2009, p.202). Diariamente lidamos com ela, pois a energia luminosa que chega até a Terra é proveniente do sol, que também é uma onda eletromagnética. Além disso, não somente sólidos podem emitir radiação, líquidos e gases o fazem também.

1.2. RADIAÇÃO

O físico Antoine-Henri Becquerel (1852-1908) foi um dos primeiros cientistas a iniciar o estudo da radioatividade, isso suscitou a curiosidade em pesquisar os núcleos atômicos e outros tipos de radiações. Marie e Pierre Curie passaram anos estudando substâncias químicas a ponto de descobrirem dois novos elementos radioativos. Posteriormente, “o trabalho pioneiro de Ernest Rutherford mostrou que a radiação

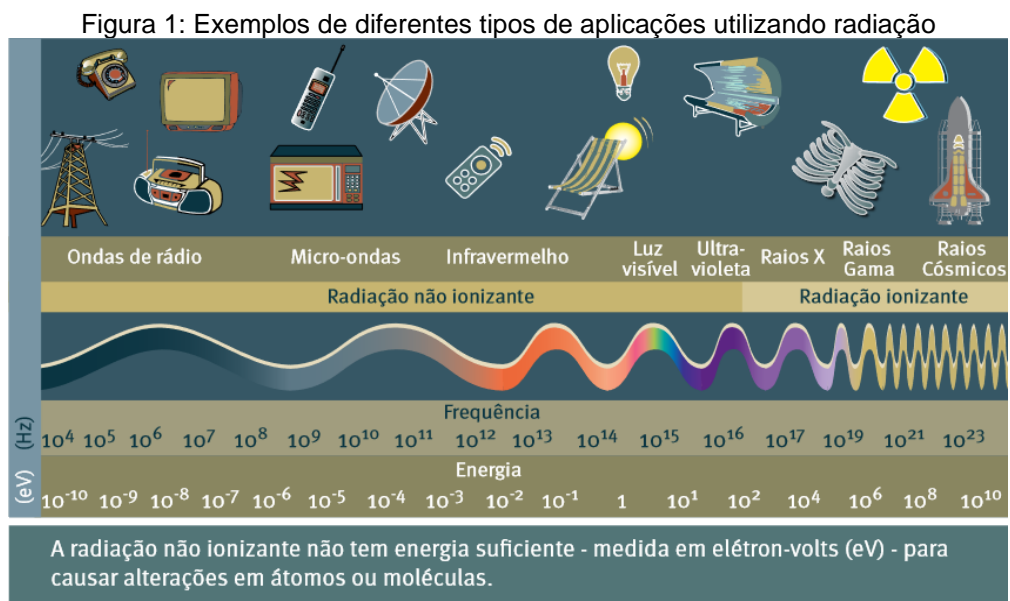
emitida por substâncias radioativas é de três tipos – raios alfa, beta e gama –, classificados de acordo com a natureza de sua carga elétrica e sua habilidade de penetrar a matéria e ionizar o ar.” (JEWETT Jr. et al., 2012, p. 305)

Com isso, a radiação é uma forma de energia em trânsito, assim como o calor é energia térmica em trânsito. Portanto, "a radiação é uma forma de energia, emitida de uma fonte e transmitida através do vácuo, do ar ou de meios materiais" (OKUNO; YOSHIMURA, 2010, p. 11). Podemos observar na natureza dois tipos de propagação dessa energia, sendo estas: radiações corpusculares (partículas atômicas ou subatômicas energéticas) e as radiações ondulatórias (ondas eletromagnéticas).

1.2.1. Radiação ondulatória

A onda eletromagnética é composta por um campo magnético e um campo elétrico, perpendiculares entre si, que oscilam e se propagam com velocidade da luz ($c = 2,99 \times 10^8 m/s$) tanto no vácuo quanto em meios materiais.

Existem diversos tipos de ondas de radiação e o fator que as diferenciam é a frequência em decorrência do comprimento de onda. Frequência e comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais, portanto, ondas com baixa frequência possuem alto comprimento de onda e vice-versa. Sendo assim, é possível acomodar todas essas ondas em um espectro que se estende desde ondas de baixa frequência até as de alta frequência.



Fonte: UNEP - Radiação: efeitos e fontes¹.

¹ <http://www.aben.com.br/Arquivos/544/544.pdf>

As diversas faixas de frequência presentes no espectro eletromagnético refletem a capacidade de interação com a matéria e assim as radiações são classificadas em ionizantes e não-ionizantes.

A radiação ionizante é capaz de arrancar um elétron de um átomo ou molécula pois possui uma grande quantidade de energia. Com isso,

o termo radiação ionizante refere-se a partículas capazes de produzir ionização em um meio, sendo diretamente ionizantes as partículas carregadas, como elétrons, pósitrons, prótons, partículas α , e indiretamente ionizantes as partículas sem carga, como fótons e nêutrons (OKUNO; YOSHIMURA, 2010, p. 16)

O processo de ionização torna o átomo positivamente ou negativamente carregados por meio da ganha ou perda de elétrons, essa ação dá origem a um novo átomo carregado chamado de íon.

Do contrário da radiação ionizante, a radiação não-ionizante é incapaz de ionizar átomos e moléculas com as quais interagem pois não possuem energia suficiente para tal. Porém, podem quebrar moléculas e ligações químicas com a energia envolvida nesse processo. São exemplos de radiações não-ionizantes: ondas de rádio, micro-ondas, luz visível, infravermelho, etc.

1.2.2. Radiação infravermelha

Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822) foi um astrônomo e compositor alemão que ficou conhecido pela descoberta de Urano e também da radiação infravermelha. Ao realizar as suas observações no telescópio, percebeu uma interação entre radiação solar e as lentes de seu instrumento óptico, com isso, notou que acontecia um aquecimento, isso o intrigou. Sendo assim,

Herschel utilizou várias combinações de vidros diferentemente escurecidos. Ao usar alguns deles, ele sentiu uma sensação de calor, embora tivesse pouca luz; enquanto outros iluminavam melhor (forneciam mais luz), com pouca sensação de calor. (OLIVEIRA; SILVA, 2014, p.4603-2)

Nessa época, a ideia de radiação ainda não se encontrava bem consolidada. Acreditava-se, até então, que radiação era um feixe de raios luminosos que se propagavam em linha reta. Além disso, tinha noção que algumas regiões visíveis do espectro tinham mais propensão de perceber esse calor. Assim,

Herschel observa que na decomposição do espectro da luz solar, a região após o vermelho é a que parece provocar maiores alterações de temperatura. Isso o leva a concluir que poderia haver raios luminosos que não eram

perceptíveis a visão (raios invisíveis), mas que produzem calor. (OLIVEIRA; SILVA, 2014, p.4603-2)

Para verificar esse fenômeno, Herschel construiu um aparato experimental para estudar o calor nessa faixa do espectro e se esse tipo de radiação possuía as mesmas propriedades que a luz. “Apesar de Herschel não ter interpretado apropriadamente a natureza da radiação térmica, uma vez que ele considerou luz diferente de calor radiante, ele trouxe um enorme ímpeto para estudos nesta área” (OLIVEIRA; SILVA, 2014, p.4603-10). Isso pode ter sido ocasionado pela limitação matemática e científica desse campo que não era o de Herschel.

Com os caminhos desbravados por ele, foi possibilitado que estudos nesse campo fossem desenvolvidos, dando um tratamento mais moderno ao espectro eletromagnético. Com base nisso, sabe-se que

O espectro de emissão de radiação por um corpo depende de sua temperatura. À temperatura ambiente, os corpos não emitem radiação na região visível do espectro eletromagnético, mas sim na região do infravermelho. É esse efeito que torna possível o imageamento dos corpos com pouca luz visível [...]. (MICHA et al., 2011, p. 1501-2)

Hoje as possibilidades que a radiação infravermelha proporciona à sociedade são inúmeras, vão desde contribuições na comunicação entre eletrônicos até mapeamento de temperatura corporal para fins militares e medicinais. Como os olhos humanos são incapazes de detectar esse tipo de radiação, "faz-se necessário o estudo de sensores apropriados para a radiação infravermelha [...]. São esses sensores que nos dão o poder de ver o invisível". (MICHA et al., 2011, p. 1501-2).

2. EXPERIMENTOS

Nas seções abaixo estão listados os experimentos que os alunos irão desenvolver na fase pré-projeto em grupo, que serão: Distribuidor Automático de Líquidos, Termômetro Infravermelho e Robô Seguidor de Linha. Os experimentos possuem um elemento em comum: utilização de sensor infravermelho. Nem todos sensores são iguais e/ou funcionam de maneira igual, alguns atuam detectando essa radiação, outros, emitem e captam a radiação infravermelha.

A autora, do presente produto educacional, realizou a documentação da montagem dos três experimentos por meio de vídeo e os disponibilizou no YouTube. Tal atitude é justificada pela necessidade de expor a simplicidade, praticidade de montar, manusear e utilizar o arduino para fins educacionais. Visa-se, portanto,

divulgar e disponibilizar explicação mais detalhada aos professores que encontram barreiras na implementação da ferramenta em sala de aula ou até mesmo resistência na exploração da ferramenta.

Diante do cenário atual de pandemia, os dois primeiros experimentos citados são ótimas opções para trabalhar Física no contexto da Covid-19, pois são diretamente aplicáveis no ambiente escolar; os protocolos de segurança indicam a necessidade de higienização das mãos, como uma das medidas para mitigar os surtos da doença, e alguns estabelecimentos ainda mantêm a medição de temperatura para o ingresso nos locais. Portanto, a proposta dos experimentos é bastante atual e juntos com o robô seguidor de linha, pretende-se despertar muito interesse e criatividade durante a sequência didática.

2.1. DISTRIBUIDOR AUTOMÁTICO DE LÍQUIDOS

Diante da situação pandêmica atual, em que se faz necessário a higienização constante das mãos com álcool em gel como medida de combate ao vírus, o projeto do distribuidor automático de líquidos foi um dos escolhidos para trabalhar a radiação infravermelha e discutir sobre o momento presente, já que escola é um ambiente de grande circulação de pessoas, e além disso, hoje é impossível não encontrar em lugares públicos totens ou borrifadores com álcool (gel ou líquido) 70%. O experimento, em questão, reduz o contato direto entre o objeto e o usuário, minimizando a proliferação do vírus em áreas comuns, bastando apenas que o sensor emita radiação infravermelha para identificar objetos reflexivos em sua proximidade.

No quadro abaixo segue os materiais necessários para a montagem do dispenser. Alguns materiais são encontrados em casa, visto que o experimento é de baixo custo, e para os demais componentes o investimento gira em torno de R\$ 77,30.

Tabela 1: Lista de materiais para a construção do Distribuidor de Líquidos Automático.

LISTA DE MATERIAIS
→ 1x Placa Arduino Uno;
→ 1x Placa Protoboard 800 pontos;
→ 1x Módulo Sensor Óptico TCRT5000;
→ 1x Mini Bomba de Água Submersa DC;
→ 1x Transistor TIP41C NPN;
→ 1x Mangueira de Silicone ou algo similar;

- 1x Resistor 330R;
- 1x Recipiente de maionese;
- 1x Peça de cabo de cobre ou arame;
- 1x Cabo de Alimentação para Arduino;
- Kit de Cabos Jumpers Fêmea-Macho e Macho-Macho;
- Desinfetante / Álcool 70%.

Fonte: Própria autora.

A Figura 2 representa os materiais, citados no quadro acima, que são necessários para a realização do distribuidor de líquidos automático.

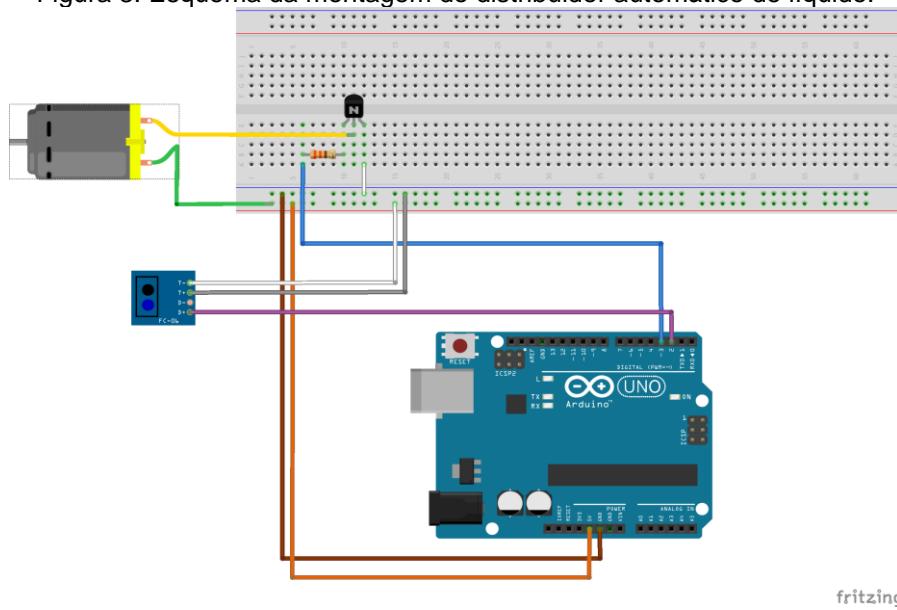
Figura 2: Vista superior dos materiais necessários para montagem do distribuidor automático de líquidos.



Fonte: Própria autora.

Na Figura 3, apresentada abaixo, são mostradas as conexões que devem ser feitas com os componentes eletrônicos, da Figura 2, na placa protoboard. Apesar da imagem não contar com a alimentação do arduino, esta pode ser feita a partir de uma pilha de 9V conectada a um clip conector.

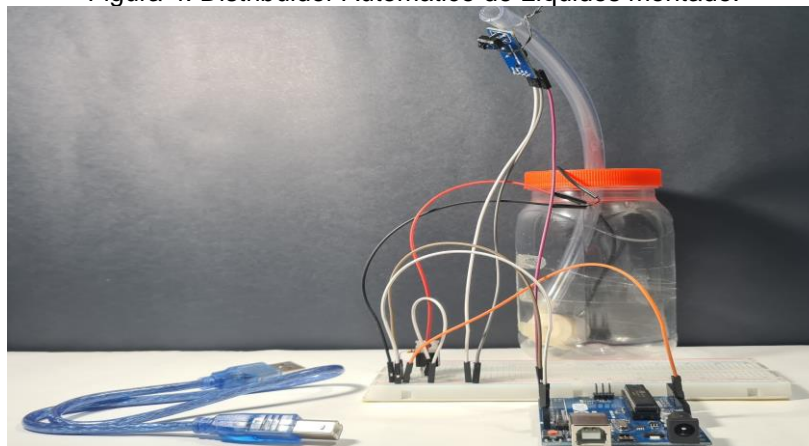
Figura 3: Esquema da montagem do distribuidor automático de líquido.



Fonte: Própria autora.

Após realizar a montagem dos materiais o projeto ficará parecido com o da Figura 4. Para a utilização em sala de aula alguns ajustes podem ser feitos. A placa de Arduino Uno pode ser substituída pela placa de Arduino Nano; o módulo sensor óptico TCRT500 pode ser trocado pelo sensor de obstáculo reflexivo infravermelho, a placa protoboard poder ser a de 170 ou 400 furos e a alimentação ser feita através de pilhas ao invés de conectar diretamente ao computador e o experimento ficar limitado. Essas medidas são para compactar o experimento e permitir o transporte dele para outros ambientes.

Figura 4: Distribuidor Automático de Líquidos montado.

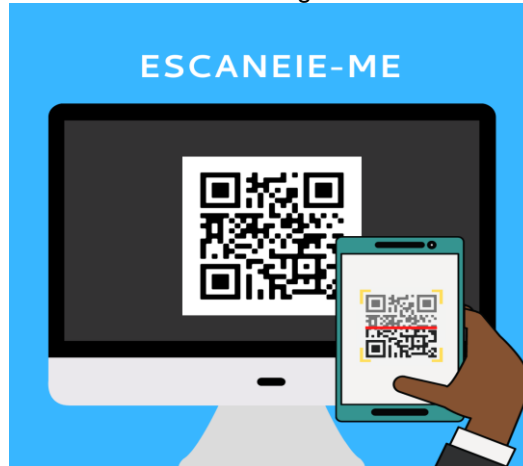


Fonte: Própria autora.

O processo de montagem do projeto da Figura 4 está disponível na Figura 5 a partir da leitura do QR code por qualquer dispositivo móvel que possua câmera. Nesse

material, a autora expõe o passo a passo de produção do equipamento, como deve proceder na instalação do software na placa e o seu funcionamento.

Figura 5: QR code para acessar o vídeo de montagem do Distribuidor de Líquidos com Arduino.



Fonte: Própria autora.

Caso haja algum problema na leitura do QR code da Figura 5, o interessado pode acessar o link a seguir (disponível em: <<https://youtu.be/DbCgsizJdj8>>) e o código de programação para instalação na placa estará disponível na descrição do vídeo, como também na Tabela 2.

Tabela 2: Programação da Placa de Arduino para o Distribuidor de Líquidos Infravermelho.

CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO
<pre>#define pinSensor 2 #define pinBomba 3 void setup() { pinMode(pinSensor,INPUT); pinMode(pinBomba,OUTPUT); } void loop() { !digitalRead(pinSensor)? digitalWrite(pinBomba, HIGH) : digitalWrite(pinBomba, LOW); }</pre>

Fonte: Blog Eletrogate².

² <https://blog.eletrogate.com/como-fazer-um-dispensador-automatico-de-alcool-para-lavar-as-maos/>

2.2. TERMÔMETRO INFRAVERMELHO

O segundo experimento escolhido, para compor a sequência didática, foi um termômetro infravermelho. Hoje, com a pandemia, os locais públicos ainda mantêm a medida de temperatura, com esse tipo de termômetro, para “detectar” o estado febril em pessoas com Covid-19, mesmo que essa estratégia não seja eficiente. Esse tipo de termômetro custa de R\$ 40,00 a R\$ 500,00, levando em consideração que a média de preço varia com a precisão do sensor. Essa proposta experimental é uma oportunidade de construir e aprender na prática a funcionalidade de um dispositivo que está, no momento, em evidência.

Abaixo, na Tabela 3, temos descrito os materiais necessários para a confecção do Termômetro Infravermelho que custou, mais ou menos, R\$ 161,60. Esse valor pode variar, visto que o modelo da placa de Arduino pode ser alterado por uma placa Nano e o display pode ser achado em lojas online por um preço mais em conta.

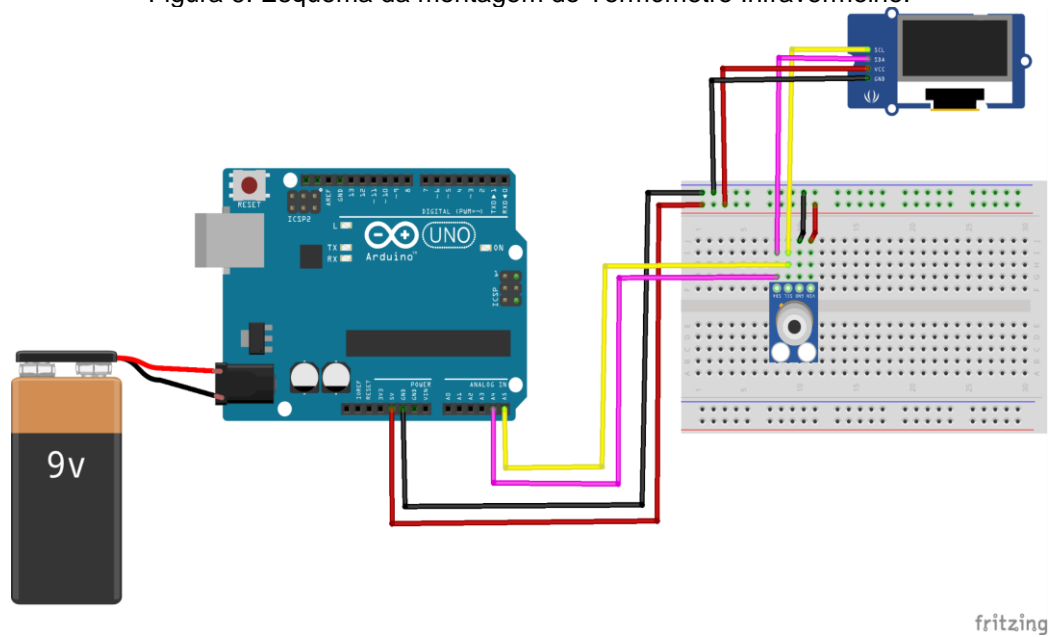
Tabela 3: Lista de materiais para a construção do Distribuidor de Líquidos Automático.

LISTA DE MATERIAIS
→ 1x Arduino Uno;
→ 1x Placa Protoboard;
→ 1x Display OLED 0.96" I2C 128×64 Branco para Arduino;
→ 1x Sensor de Temperatura Infravermelho IR MLX90615 Slim;
→ 1x Bateria 9V Alcalina;
→ 1x Clip Conector de Bateria 9V;
→ Kit Jumper Fêmea-Macho e Macho-Macho;
→ Cabo de Alimentação USB para Arduino;
→ Estrutura do Termômetro (Ex: papelão).

Fonte: Própria autora.

O esquema de montagem para o experimento está representado na Figura 6 onde todas as ligações necessárias para fazê-lo funcionar são indicadas. O projetor pode ser incrementado com o acréscimo de uma mira a laser, caso seja de interesse do usuário acrescentá-lo.

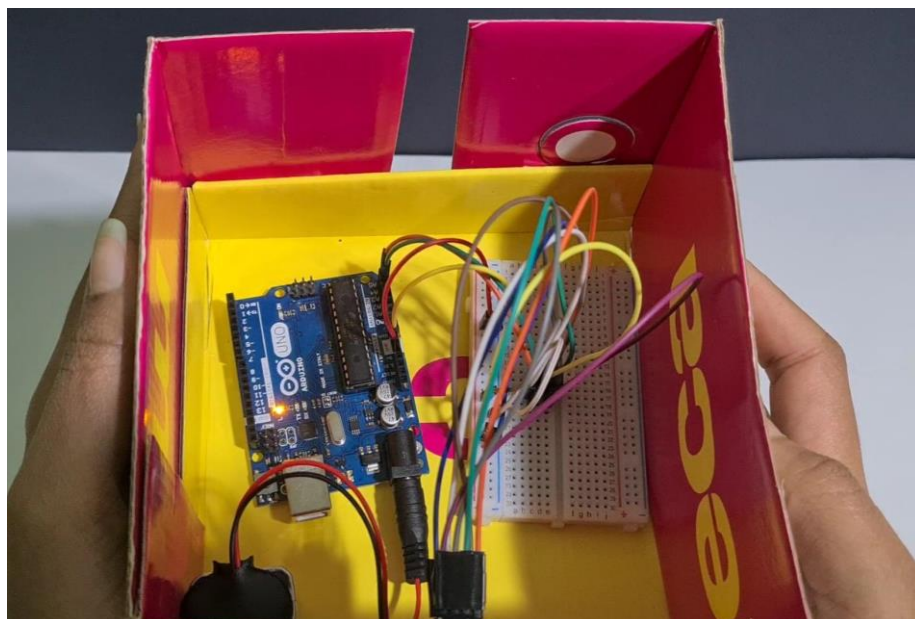
Figura 6: Esquema da montagem do Termômetro Infravermelho.



Fonte: Própria autora.

Após a conexão dos componentes, o Termômetro Infravermelho poderá assumir o seguinte arranjo, de acordo com a Figura 7. A imagem representa a vista superior do aparelho, montado dentro de uma caixa de papelão. Além disso, é necessário salientar que não há critério de onde montar o projeto, pode servir como uma oportunidade para os alunos exercitarem a criatividade para pensar em uma forma de alocar o artefato.

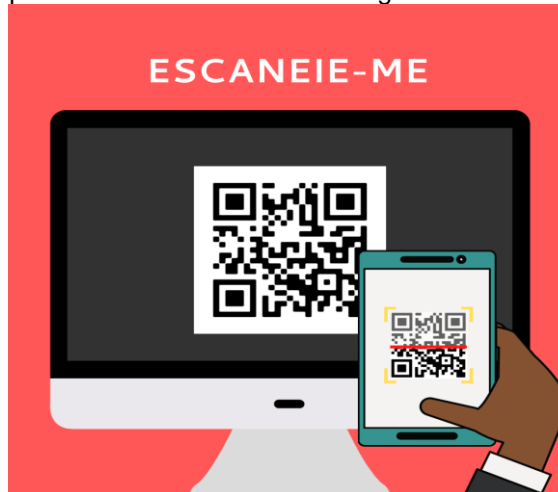
Figura 7: Vista superior do Termômetro Infravermelho.



Fonte: Própria autora.

Na Figura 8, apresentada a seguir, está disponível o QR code do vídeo no YouTube da produção do Termômetro. Ao ser escaneado, o código encaminha o usuário diretamente para o vídeo que contém mais detalhes a respeito do projeto.

Figura 8: QR code para acessar o vídeo de montagem do Termômetro Infravermelho.



Fonte: Própria autora.

Se a leitura do QR code, da Figura 8, não for possível, o link a seguir pode ser acessado (disponível em: <<https://youtu.be/pK16rnG0joQ>>). O sketch de programação para instalação na placa se encontra disponível na descrição do vídeo, e também na Tabela 4.

Tabela 4: Programação da Placa de Arduino para o Termômetro Infravermelho.

CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO
<pre>#include <SPI.h> #include <Wire.h> #include <SparkFunMLX90614.h> // Biblioteca do Sensor Infravermelho #include <Adafruit_GFX.h> // Biblioteca do Display OLED #include <Adafruit_SSD1306.h> // Biblioteca do Display OLED #include <Adafruit_MLX90614.h> #define OLED_RESET 4 Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET); Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614(); #if (SSD1306_LCDHEIGHT != 32)</pre>

```
#error("Altura incorreta, corrija Adafruit_SSD1306.h!");  
#endif  
void setup()  
{  
  Serial.begin(57600);  
  Serial.println("Teste Adafruit MLX90614");  
  mlx.begin();  
  // inicializar com o addr I2C 0x3C (para 128x32)  
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);  
}  
void loop()  
{  
  // Limpe o buffer.  
  display.clearDisplay();  
  // testes de exibição de texto  
  display.setTextSize(1);  
  display.setTextColor(WHITE);  
  display.setCursor(0,0);  
  display.print("Ambiente: ");  
  display.print(mlx.readAmbientTempC());  
  display.print(" c");  
  display.setCursor(0,10);  
  display.print("Objeto: ");  
  display.print(mlx.readObjectTempC());  
  display.print(" c");  
  display.display();  
  delay(2000);  
}
```

Fonte: Própria autora.

2.3. ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA

Os robôs seguidores de linha são dispositivos pré-programados para detectar um caminho em uma superfície (às vezes feito com fita isolante) e seguir este caminho. A leitura é feita por meio de sensores, sendo assim, aqui utilizaremos sensores infravermelhos. A lógica é que quando os sensores estiverem sobre a linha, ande; e quando sair, pare.

A programação da placa de Arduino permite uma infinidade de interações, desde projetos de automação residencial até projetos robóticos, tal como o robô seguidor de linha. Abaixo, na Figura 5, estão listados os materiais necessários para a confecção do aparelho. Em média, gasta-se R\$ 181,96 com a compra dos componentes eletrônicos. Ainda que exista na internet sites que vendem o robô pronto, nada se compara às possibilidades de ensinar programação e física enquanto os discentes colocam a mão na massa.

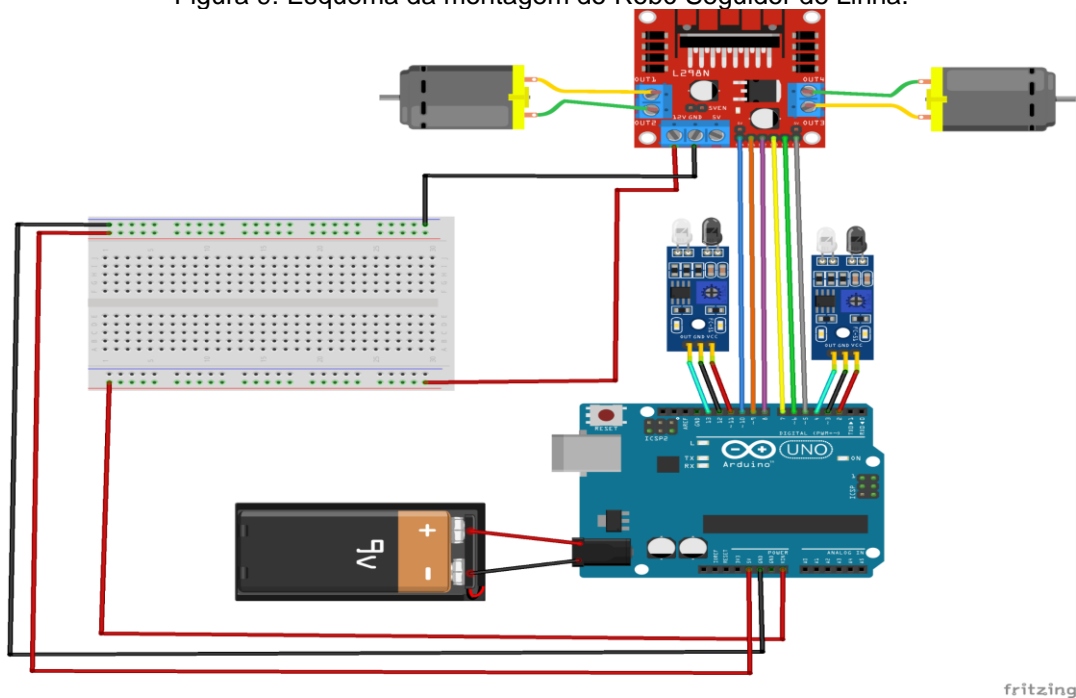
Tabela 5: Lista de materiais para a construção do Robô Seguidor de Linha.

LISTA DE MATERIAIS
→ 1x Arduino Uno;
→ 1x Placa Protoboard;
→ 2x Sensores de Obstáculos Reflexivos Infravermelhos;
→ 1x Ponte H Dupla L298N;
→ 1x Pilha Alcalina 9v;
→ 2x Kit Motor DC 3-6V + Roda 68mm;
→ Kit Jumper Fêmea-Macho e Macho-Macho;
→ Rodízio Transparente, 35mm, sem feio;
→ Estrutura do carrinho (Ex: CD ou DVD).

Fonte: Própria autora.

Na Figura 9 encontramos a maneira como deve prosseguir a montagem do robô seguidor de linha. É importante sobressaltar que a base do carrinho foi um CD, podendo ser qualquer outro material, desde que ele aguarde o peso dos componentes e confira estabilidade. Além disso, para que haja um perfeito funcionamento, é necessário que haja equilíbrio e nesse caso foi utilizado um rodízio transparente sem freio no meio da estrutura para auxiliar no movimento.

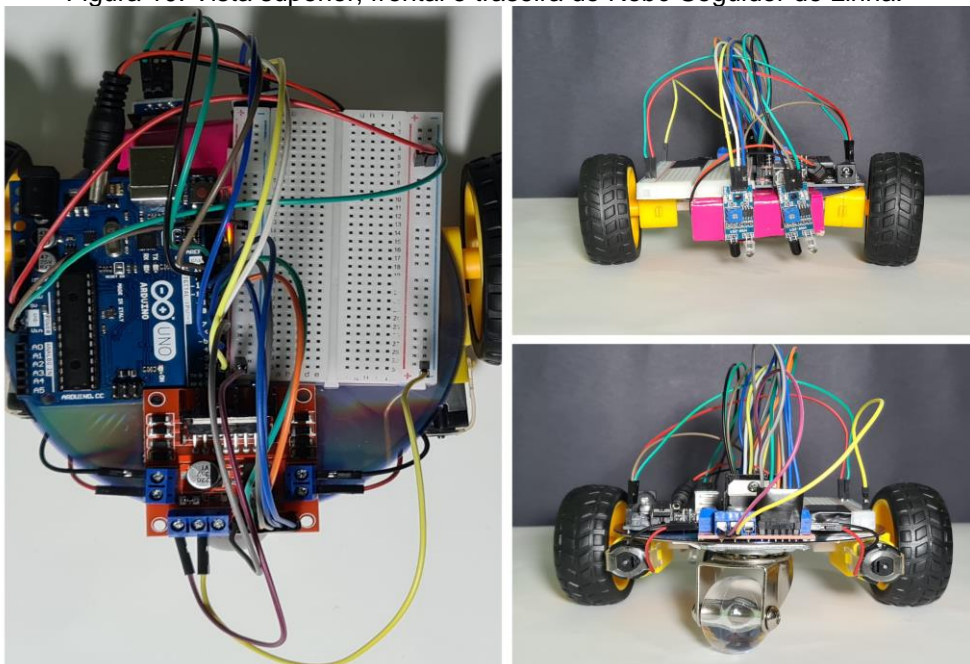
Figura 9: Esquema da montagem do Robô Seguidor de Linha.



Fonte: Própria autora.

A seguir, na figura 10, temos o projeto após a montagem dos componentes sobre a base de CD com representação em uma vista superior, frontal e traseira. Como mencionado anteriormente, o CD pode ser substituído por outro material e isso pode ser uma sugestão aberta para que os alunos opinem e descubram uma maneira de acomodar o experimento.

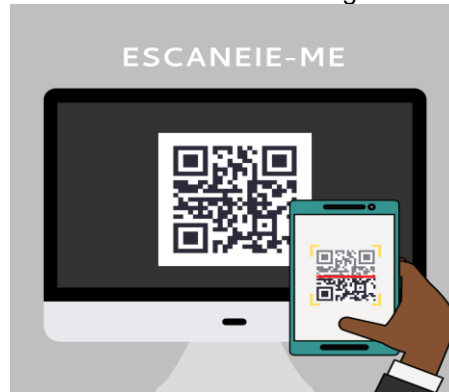
Figura 10: Vista superior, frontal e traseira do Robô Seguidor de Linha.



Fonte: Própria autora.

Para mais informações a respeito do robô seguidor de linha, aponte a câmera do seu celular para o QR code abaixo (Figura 11) e assista ao vídeo explicativo onde é mostrado em detalhes o funcionamento do experimento.

Figura 11: QR code para acessar o vídeo de montagem do Robô Seguidor de Linha.



Fonte: Própria autora.

Caso o celular não tenha suporte para realizar a leitura do QR code apresentado acima, o vídeo pode ser acessado no link (disponível em: <https://youtu.be/VVdT6_zmkpU>). A programação da placa de arduino encontra-se abaixo (Tabela 6), podendo obter mais informações sobre o sketch, calibração das rodas e sensores no link do rodapé, presente na fonte dessa mesma tabela.

Tabela 6: Programação da Placa de Arduino para o Robô Seguidor de Linha.

CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO
<pre>// === Pinos utilizados no driver L298 === // #define ENA 10 //o pino ENA do Driver será ligado ao pino 10 do arduino (motor da esquerda) #define IN1 9 //o pino IN1 do Driver será ligado ao pino 9 do arduino #define IN2 8 //o pino IN2 do Driver será ligado ao pino 8 do arduino #define IN3 7 //o pino IN3 do Driver será ligado ao pino 7 do arduino #define IN4 6 //o pino IN4 do Driver será ligado ao pino 6 do arduino #define ENB 5 //o pino ENB do Driver será ligado ao pino 5 do arduino (motor da direita) // === Pinos utilizados nos sensores === // #define sensor1 4 //o sensor1 está ligado ao pino 4 #define sensor2 13 //o sensor2 está ligado ao pino 13 // ===== Variáveis utilizadas ===== // bool direita = 0; bool esquerda = 0;</pre>

```

byte velocidade = 200; //variável usada no controle da velocidade
/** superfície preta, sensor = 1 (led do sensor apaga)
/** superfície branca, sensor = 0 (led do sensor acende)
/** a referencia do sensor está no led cristal

void setup() {
  pinMode(ENA, OUTPUT);           //configura o pino do ENA como saída
  pinMode(IN1, OUTPUT);          //configura o pino do IN1 como saída
  pinMode(IN2, OUTPUT);          //configura o pino do IN2 como saída
  pinMode(IN3, OUTPUT);          //configura o pino do IN3 como saída
  pinMode(IN4, OUTPUT);          //configura o pino do IN4 como saída
  pinMode(ENB, OUTPUT);          //configura o pino do ENA como saída
  pinMode(sensor1, INPUT);        //configura o sensor1 como entrada
  pinMode(12, OUTPUT);           //configura o pino 12 como saída
  digitalWrite(12, LOW);          //cria um GND para o sensor1
  pinMode(11, OUTPUT);           //configura o pino 11 como saída
  digitalWrite(11, HIGH);         //cria um VCC para o sensor1
  pinMode(sensor2, INPUT);        //configura o sensor2 como entrada
  pinMode(3, OUTPUT);            //configura o pino 3 como saída
  digitalWrite(3, LOW);           //cria um GND para o sensor2
  pinMode(2, OUTPUT);            //configura o pino 2 como saída
  digitalWrite(2, HIGH);          //cria um VCC para o sensor2
  delay(3000);                   //pausa para iniciar os motores
}

void loop() {
  // === Leitura dos sensores === //
  esquerda = digitalRead (sensor1); //lê o sensor1 e guarda na variável esquerda
  direita = digitalRead (sensor2);   //lê o sensor2 e guarda na variável direita

  // === Movimentação do robô === //
  if (direita==0) {                 // "SE" o sensor da direita estiver no branco, faça...
    analogWrite (ENA, velocidade); //envia ao pino ENA o valor da velocidade do motor 1
    digitalWrite(IN1, 0);           //envia nível lógico alto para o pino IN1 //liga o motor 1
    digitalWrite(IN2, 1);           //envia nível lógico baixo para o pino IN2 //para frente
  }
  else {
    digitalWrite(IN1, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN1 //desliga o motor 1
    digitalWrite(IN2, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN2 //desliga o motor 1
  }
}

```



```

}
if (esquerda==0) {           //"SE" o sensor da esquerda estiver no branco, faça...
  analogWrite (ENB, velocidade); //envia ao pino ENB o valor da velocidade do motor 1
  digitalWrite(IN3, 1);       //envia nível lógico alto para o pino IN3 //liga o motor 2
  digitalWrite(IN4, 0);       //envia nível lógico baixo para o pino IN4 //para frente
}
else {
  digitalWrite(IN3, 0);       //envia nível lógico baixo para o pino IN3 //desliga o motor 2
  digitalWrite(IN4, 0);       //envia nível lógico baixo para o pino IN4 //desliga o motor 2
}
}
}

```

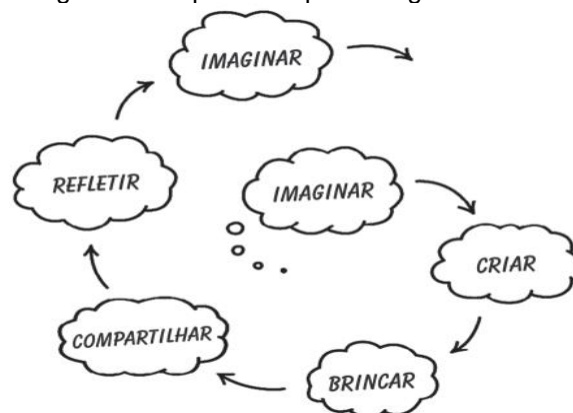
Fonte: Canal do YouTube Abraão Lacerda³

3. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

3.1. DICA AO PROFESSOR

Para que seja possível estimular a criatividade dos alunos, o professor precisa adotar algumas medidas desde o início. A criatividade, segundo Mitchel Resnick (2020, p. 19), “é desenvolvida a partir de um determinado tipo de esforço, que combina a exploração curiosa com a experimentação lúdica e a investigação sistemática.” Dessa forma, os alunos serão expostos a diferentes atividades e práticas para que explorem, experimentem e investiguem o fenômeno que estão estudando.

Figura 12: Espiral da Aprendizagem Criativa



Fonte: Jardim de Infância para a Vida Toda: Por uma Aprendizagem Criativa, Mão na Massa e Relevante para todos⁴.

³ <https://youtu.be/7YRHkqI6ZDA>

⁴ <https://lcl.media.mit.edu/resources/readings/chapter1-excerpt.pt.pdf?pdf=ch1-pt>

Portanto, para o desenvolvimento desse projeto, e de outros que tenham foco na criatividade, Resnick (2020) traz algumas dicas inspiradas no espiral da criatividade (Figura 12): imaginar, criar, brincar, compartilhar e refletir. Para cada uma delas, teremos duas recomendações, totalizando dez sugestões.

- **Imaginar:** Mostre exemplos para despertar ideias

Partindo do pressuposto que os alunos não sabem o que são mapas mentais, mapas conceituais e arduino, a exemplificação é utilizada a todo instante para estimular a imaginação e oferecer uma noção, aos alunos, do que o espera-se deles.

- **Imaginar:** Incentive a exploração livre.

O processo criativo não se limita à imaginação. Trabalhos manuais também são igualmente significativos e dão ideias para a construção de projetos além de incentivar o manuseio de diferentes materiais. As ideias surgem na exploração livre, seja individualmente ou em grupos.

- **Criar:** Forneça materiais diferentes.

Oferecer materiais de baixo custo, componentes para o arduino e objetos de colagem, desenho e recorte oportunizam uma maior quantidade de projetos criativos.

- **Criar:** Abrace todas as formas de fazer.

Nem todos os alunos se adaptam a uma única forma de fazer e é importante incentivá-los a se empenharem na pluralidade que o processo criativo proporciona.

- **Brincar:** Enfatize o processo e não o produto.

Durante a confecção das atividades propostas, o docente deve separar um tempo para saber dos discentes como está a execução das etapas intermediárias e descobrir o que eles pretendem fazer nas fases seguintes. Além disso, deve-se lembrar que nem sempre o projeto dá certo no final, seja por inabilidade ou estratégias mal utilizadas, o erro precisa ser valorizado, pois ele também gera aprendizagem.

- **Brincar:** Aumente o tempo para projetos.

A criação de projetos criativos demanda tempo e limitar pequenos períodos para as práticas vão de encontro à ideia de projetos. É importante que o professor incentive o trabalho em projetos e que o fomento não se restrinja à sala de aula, mas que tome os muros para além da escola.

- **Compartilhar:** Faça o papel de “casamenteiro”

Fazer o papel do “casamenteiro” é encontrar pessoas com interesses semelhantes e complementares para trabalharem e aprenderem durante os projetos colaborativos. O professor, na figura do mediador, tem uma visão interessante para identificar e juntar esses pares.

- **Compartilhar:** Envolver-se como colaborador.

Dizer o que se deve fazer ou resolver o problema para o aluno não é o ideal, bem como o pouco envolvimento e interesse pelo que se está sendo trabalhado. Sendo assim, é necessário permitir que o aluno reflita e sinta o envolvimento do professor como um colaborador.

- **Refletir:** Faça perguntas (autênticas)

O professor pode e deve encorajar a reflexão a partir de perguntas. Esse movimento permite, na maioria das vezes, o reconhecimento das boas e más estratégias sem que o professor precise dar informações adicionais.

- **Refletir:** Compartilhe as próprias reflexões.

Por fim, as dificuldades encontradas no processo criativo podem e devem ser compartilhadas com os estudantes, pois permite que eles entendam que pensar fora da caixa não é uma atividade simples e requer muita reflexão. A partir do momento que eles ouvem essas ponderações, tornam-se mais propensos a analisar e pensar em meios para resolver seus problemas.

3.2. DIÁRIO DE BORDO

A avaliação do que os alunos estão aprendendo nem sempre é uma tarefa simples de se fazer pois o processo criativo não ocorre simultaneamente e nem é igual para todos. Mesmo que haja a possibilidade de realizar testes conceituais para

verificar a progressão e as eventuais falhas no percurso da aprendizagem, esse método não é capaz de medir o processo criativo. Resnick (2020) sugere a utilização dos portfólios para documentação dos projetos, visto que o professor poderá analisar, sugerir e dar *feedback* sobre os projetos feitos. Além do mais, é uma excelente documentação do progresso dos alunos uma vez que a criatividade não é facilmente quantificável.

Posto isso, de forma individual e em grupo, os alunos terão que registrar anotações, atividades e o projeto em um portfólio que aqui chamamos de “diário de bordo”. Todos os alunos terão um diário de bordo, para registro individual, e também os grupos terão um para o registro coletivo. Em todas as aulas o professor entregará o diário, reservará de 10 a 15 minutos finais para obter as anotações individuais e do grupo, para enfim recolher ao final de cada aula.

Além das anotações dos alunos para a coleta de dados, a professora também contará com seu próprio diário de bordo ao longo da pesquisa.

(...) a reflexão é uma dimensão inerente à escrita dos diários uma vez que ao escrever o professor-escritor se afasta um pouco do professor-praticante, o que permitiria ver-se a si mesmo sob uma outra ótica. Esta é uma das maiores contribuições advindas da escrita de um diário: esse processo reflexivo, em que a realidade é reconstruída narrativamente e reinterpretada por meio do diálogo que o professor trava consigo mesmo a partir de suas práticas e de seus registros. (MARCHESAN; LIMA, 2017, p.1)

Pretende-se não somente ser um ponto de incentivo para os alunos, como também utilizar a ferramenta para refletir continuamente a prática, bem como os desafios, o comportamento geral dos participantes e as observações pertinentes.

3.3. MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais, assim como os mapas mentais, são organizadores gráficos que permitem propagar informações, conceitos e ideias. Segundo Ferraciolli (2007) são apresentados tanto como instrumento de eliciação de conhecimento quanto instrumento de análise de textos escritos, pois o tema é detalhado sucessivamente usando conceitos, há relação conceitual, revela como os conceitos se relacionam. Para além disso, as proposições devem ter sentido semântico e são unidades fundamentais do mapa conceitual.

Essa ferramenta pode ser útil e eficiente para o Ensino de Física, pois vai de encontro aos métodos tradicionais e padronizados que só aceitam respostas certas/erradas nos exames e avaliações aplicadas. De acordo com Aguiar & Correia

(2013) o sucesso dos mapas conceituais em sala de aula está atrelado ao entendimento dos fundamentos teóricos relacionados à técnica e estabelecem quatro parâmetros de referência que ajudam a relacionar teoria e prática. São eles: clareza semântica das proposições, pergunta focal, organização hierárquica dos conceitos e revisões contínuas. Esses critérios, se seguidos e mediados de maneira correta, são capazes de nortear a construção de bons mapas conceituais, se tornando, então, um método avaliativo qualitativo potencializador da aprendizagem.

Além dos parâmetros traçados por Aguiar & Correia (2013), Cañas e Novak (2006) desenvolveram uma taxonomia de mapas conceituais, análoga a taxonomia de Bloom (1956), que permite o professor ter um termômetro do progresso no uso dos mapas conceituais como ferramenta de aprendizagem. Esse método de taxonomia topológica, será utilizado para avaliar os mapas conceituais nos quatro momentos em que eles serão postos à construção.

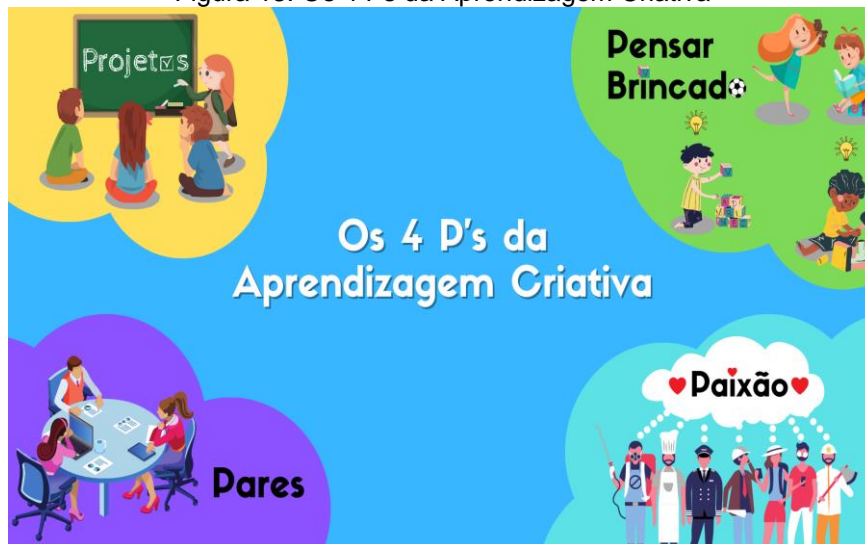
Ainda que existam diversas maneiras distintas da utilização desse recurso, no produto em questão, ele será implementado seguindo a Aprendizagem Colaborativa Expandida, da qual, segundo Aguiar & Correia (2013) envolvem os alunos em revisões por pares a partir de mapas conceituais elaborados de forma colaborativa. Os alunos, então, passarão por momentos de externalização individual, elicitación em grupo e consenso, terão a oportunidade de se envolver na construção de mapas colaborativos a partir de revisões contínuas.

4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática será desenvolvida em 11 aulas e está dividida em quatro etapas: introdutória, inicial, intermediária e final. Possui dois métodos avaliativos qualitativos: os diários de bordo e os mapas conceituais. Dessa maneira, os diários de bordos terão um caráter de observação indireta das práticas da sequência, enquanto os mapas serão desenvolvidos a partir da teoria da Aprendizagem Colaborativa Expandida. Os alunos passarão por quatro etapas da construção do conhecimento: externalização (mapas conceituais individuais), elicitación (mapas conceituais colaborativos), consenso orientado para o conflito (revisão por pares), consenso orientado para a integração (mapas conceituais colaborativos revisados). As aulas serão executadas seguindo os princípios dos 4 Ps da Aprendizagem Criativa (Figura 13) para estimular o pensamento crítico criativo dos discentes. Cada momento

foi pensado para que seja um conjunto de aulas que apresente coerência, lógica e relação com o referencial teórico escolhido.

Figura 13: Os 4 Ps da Aprendizagem Criativa



Fonte: Própria autora.

Abaixo, é apresentada a descrição detalhada de cada aula que será desenvolvida.

4.1. DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

RADIAÇÃO INFRAVERMELHA E SUAS APLICAÇÕES: UMA PROPOSTA DIDÁTICA DE MEDIAÇÃO BASEADA NA APRENDIZAGEM CRIATIVA COM UTILIZAÇÃO DE ARDUINO

INTRODUÇÃO 1 - CONHECENDO OS ORGANIZADORES GRÁFICOS

P da Aprendizagem Criativa: Projetos.

Estratégia Avaliativa:

→ Avaliação diagnóstica: Utilização do diário de bordo individual para o registro do mapa mental.

1ª Parte: Apresentar os mapas mentais.

- **Tempo:** 15 minutos.

- **Estratégia Metodológica:** Expor os mapas mentais para os alunos a partir de um tópico da física.
- **Descrição:** Antes de iniciar qualquer prática, o professor fará um breve resumo do que irá acontecer nas próximas aulas e distribuirá para cada aluno um diário de bordo para que utilizem no registro das atividades que farão em cada aula. É importante, nesse momento, frisar a relevância da anotação, pois essa ferramenta terá grande importância para acompanhar o progresso da aprendizagem dos alunos. O regente, então, dará início a aula abordando sobre os organizadores gráficos, para isso citará os diferentes tipos de ferramentas que poderão ser utilizadas no auxílio da organização de ideias e pensamento. Essa parte terá como objetivo tratar os mapas mentais, portanto, o docente deverá direcionar as discussões para que culmine no assunto pretendido.

2ª Parte: Construir um mapa mental colaborativo e individual.

- **Tempo:** 25 minutos.
- **Estratégia Metodológica:** Estimular a construção de um mapa mental individual a partir da construção de um mapa mental colaborativo.
- **Descrição:** Para embasar a construção do mapa mental pelos alunos, o professor construirá um mapa no quadro branco com a colaboração de todos. Para isso, escolherá um tópico da física já estudado por eles e iniciará a confecção desse. Esse momento envolverá uma grande mobilização da turma, enquanto o professor estará incumbido de transferir para a lousa as informações advindas deles. O interessante dessa atividade consistirá em perceber um mapa mental final que conterà a personalidade de toda turma. A fim de encerrar esse momento, o professor irá solicitar que os alunos produzam este mapa sobre outro tópico da física e o façam no diário de bordo, entregue na primeira parte da aula.

3ª Parte: Apresentar os mapas conceituais.

- **Tempo:** 10 minutos.
- **Estratégia Metodológica:** Expor, para um primeiro contato, os mapas conceituais.

- **Descrição:** Após a elaboração do mapa mental, iniciará a apresentação dos mapas conceituais. Pretende-se que nesse momento seja somente apresentado aos alunos o que é um mapa conceitual, um primeiro contato, a fim de deixá-los curiosos para os desdobramentos que virão ocorrer na aula seguinte.

INTRODUÇÃO 2 - APROFUNDAMENTO DOS MAPAS CONCEITUAIS

P da Aprendizagem Criativa: Projetos.

Estratégia Avaliativa:

- Avaliação diagnóstica: Utilização do diário de bordo individual para o registro do mapa conceitual.

1ª Parte: Estruturação dos mapas conceituais.

- **Tempo:** 20 minutos.
- **Estratégia Metodológica:** Aprofundar o conhecimento acerca dos mapas conceituais.
- **Descrição:** Este momento terá um caráter expositivo, pois pressupõe-se que os alunos nunca tiveram contato com o organizador gráfico. Sendo assim, o professor mostrará aos alunos todas as informações necessárias para que eles construam os seus próprios mapas conceituais. O termo de ligação, os conceitos, a pergunta focal e a hierarquia bem como a utilidade do instrumento no processo de ensino e aprendizagem serão tratados nesta parte da aula.

2ª Parte: Construir um mapa conceitual individual.

- **Tempo:** 30 minutos.
- **Estratégia Metodológica:** Identificar, a partir do mapa conceitual, os conhecimentos iniciais acerca do tema Radiação Infravermelha.
- **Descrição:** Solicitar a produção e o registro de um mapa conceitual dos discentes. O professor deverá sugerir uma pergunta focal e uma palavra-chave, que obrigatoriamente terá que aparecer no mapa entregue. Assim como ocorreu na “Introdução 0”, o registro dessa atividade será feito no diário de

bordo. Os alunos serão estimulados a utilizarem a maior parte de conceitos que têm conhecimento acerca do assunto e utilizarem a criatividade para elaborar algo que expresse os conhecimentos sobre Radiação Infravermelha.

AULA 3 - RADIAÇÃO NA PRÁTICA

P da Aprendizagem Criativa: Paixão.

Estratégia Avaliativa:

→ Avaliação formativa: Registro no diário de bordo individual das respostas do questionário pré-experimento.

1ª Parte: Questionário pré-experimento.

- **Tempo:** 25 minutos.
- **Estratégia Metodológica:** Identificar o experimento que mais chamou atenção dos alunos a partir da Paixão.
- **Descrição:** O professor organizará a sala em ilhas, de modo que os três experimentos (robô seguidor de linha, termômetro infravermelho e distribuidor de líquidos automático) previamente montados pelo professor, fiquem em destaque para os alunos passem por eles, olhem, apreciem e identifiquem aquele que mais chamou atenção. Após esse instante inicial, os alunos serão convidados a responder um breve questionário no qual deverão expor a opinião de cada experimento e algumas perguntas gerais sobre eles. O questionário terá como finalidade trabalhar um dos 4 P's da aprendizagem criativa, especificamente, a paixão. As perguntas feitas, nortearão o professor no momento da divisão dos pares para trabalhar as outras etapas da sequência didática em grupo. O registro das respostas será feito no diário de bordo.

2ª Parte: Discussão dos conceitos.

- **Tempo:** 25 minutos
- **Estratégia Metodológica:** Discutir sobre diferentes aspectos relacionados à temática da radiação.

- **Descrição:** Após a realização do questionário, o docente irá trazer os aspectos físicos que permeiam a radiação, de uma perspectiva mais geral, abordando sobre a radiação ionizante e não-ionizante a partir do espectro eletromagnético. O intuito desse momento é mostrar as diferenças de cada uma, quanto ao comprimento de onda e frequência; grau de ofensividade; aplicabilidade, região visível, desmistificar conceitos e conhecimentos do senso comum.

AULA 4 - UMA NOVA PERCEPÇÃO PARA A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

P da Aprendizagem Criativa: Pares.

Estratégia Avaliativa:

- Avaliação formativa: Registro no diário de bordo do grupo das respostas do questionário pós-experimento e breve relato das percepções individuais no diário de bordo individual.
- Avaliação somativa: Construção de mapas conceituais colaborativos.

Observação: Três critérios serão adotados para a divisão dos grupos e o professor fará essa análise a partir dos questionários respondidos na aula anterior.

- 1) Baseado nos 4 P's da aprendizagem criativa, identificar o experimento que o aluno mais se afeiçoou para que ele trabalhe com o projeto que mais o interessa.
- 2) Análise dos mapas conceituais individuais para reconhecer os alunos que dominam melhor a ferramenta. Cada grupo irá possuir pelo menos um aluno que domine o conteúdo.
- 3) Avaliar o grau de familiaridade com o arduino e lógica de programação. A ideia é juntar alunos que tenham um grau de conhecimento diferente para que aqueles que sabem mais atuem como parceiros mais capazes.

O foco da divisão é a interação, logo, o professor ficará atento em todos os momentos seguintes para não haver grupos ociosos e improdutivos; e caso se faça necessário, mediar, intervir e/ou reagrupar.

1ª Parte: Questionário pós-experimento.

- **Tempo:** 20 minutos.

- **Estratégia Metodológica:** Detectar os conhecimentos específicos em cada experimento e aprofundar a radiação infravermelha.
- **Descrição:** Após a execução da “Aula 1”, o professor realizará a análise das respostas dadas pelos alunos no questionário pré-experimento para que os grupos possam ser divididos. Os alunos serão previamente avisados sobre os grupos e quais foram os critérios de divisão. Em seguida, será pedido que se juntem nesses grupos e um novo diário de bordo será entregue e entre eles deverá ser feita uma eleição do líder do grupo para que ele fique responsável pelo diário durante as aulas. Esse novo material será destinado para registrar as informações referentes aos trabalhos feitos somente pela equipe, o que não inutiliza o diário de bordo individual entregue no início da sequência didática. Por fim, os alunos agrupados responderão a um questionário específico do experimento ao qual foram designados.

2ª Parte: Aprofundamento e debate.

- **Tempo:** 30 minutos.
- **Estratégia Metodológica:** Promover, por meio de textos de apoio, o aprofundamento do tema a fim de gerar debate sobre o assunto.
- **Descrição:** Serão distribuídos textos que embasarão as discussões dos alunos acerca da radiação infravermelha. Os escritos são reportagens que tratam das últimas notícias e situações do dia-a-dia sobre a radiação estudadas. Pretende-se com isso, que os alunos façam a leitura em grupo, reflitam sobre o que foi lido. O professor mediará pequenas discussões entre os grupos de modo que essa atitude possa estimular a reflexão do que acabaram de ler. Ao final, ainda juntos nos grupos, o professor pedirá que façam um mapa conceitual colaborativo a partir dos mapas individuais construídos na “Aula 2”. O registro do novo mapa deverá ser feito no diário de bordo do grupo, além da anotação, pelo líder, do desempenho de cada componente na atividade.

Estão listados a seguir os sites com os textos que mediarão as discussões:

1. Site: <<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2021/05/13/sem-sair-do-sofa-saiba-como-o-controle-remoto-te-permite-comandar-a-tv.htm>>

2. Site: <<https://www.jornaldoeste.com.br/toledo/rh-realiza-capacitacao-para-uso-adequado-de-termometros-com-infravermelho/>>
3. Site: <<https://www.aosfatos.org/noticias/termometro-infravermelho-nao-causa-danos-glandula-pineal/>>
4. Site: <<https://canaltech.com.br/robotica/mao-robotica-criada-na-coreia-do-sul-permitira-robos-mais-fortes-e-resistentes-186195/>>
5. Site: <<https://pplware.sapo.pt/high-tech/cao-robo-esta-a-ajudar-cientistas-a-compreender-ambientes-perigosos/>>
6. Site: <<https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2021/05/14/robo-chines-zhurong-aterrija-em-marte-para-iniciar-investigacoes-no-planeta.ghtml>>
7. Site: <<https://internacional.estadao.com.br/noticias/nytiw,cirurgiao-robo-inteligencia-artificial-medicina,70003718966>>
8. Site: <<https://gizmodo.uol.com.br/conheca-o-viper-rover-da-nasa-que-buscaragua-na-lua/>>
9. Site: <<https://www.suinoindustrail.com.br/imprensa/criacao-de-porcosem-fazendas-verticais-e-acelerada-na-china-e-isso-afetara/20210526-154807-i674>>
10. Site: <<https://www.terra.com.br/noticias/tecnologia/novos-materiais-podem-transformar-ficcao-cientifica-em-realidade,7c0e5c0129ded9f72df5375e5ba696d5vfg1dyon.html>>
11. Site: <<https://agevolution.canalrural.com.br/apta-usa-infravermelho-para-medir-qualidade-do-pasto-em-tempo-real/>>
12. Site: <<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=tinta-detecta-infravermelho-revoluciona-dispositivos-visao-noturna&id=020110210511#.YLrWLFkIjV>>
13. Site: <<https://olhardigital.com.br/2021/05/28/ciencia-e-espaco/nuvem-gigante-assusta-moradores-no-chile/>>

AULA 5 - CONHECENDO O ARDUINO

P da Aprendizagem Criativa: Projetos, Pares e Pensar Brincando.

Estratégia Avaliativa:

→ Avaliação formativa: Registro das atividades no diário de bordo individual e do grupo.

1ª Parte: Exposição mediada sobre o Arduino.

- **Tempo:** 20 minutos.
- **Estratégia Metodológica:** Apresentar o arduino e os seus componentes para os alunos.
- **Descrição:** O professor apresentará os princípios básicos do Arduino aos alunos. Serão tratados assuntos elementares (componentes básicos, sinais digitais, sinais analógicos, as entradas e saídas, programação e a IDE Arduino) que os auxiliarão ao longo das práticas que serão desenvolvidas nas aulas seguintes. É importante que o professor trate também nessa primeira parte, sobre os sensores que foram usados no primeiro contato da “Aula 1” e que virão a ser utilizados nas aulas seguintes, além de expor a física que existe por trás dos detectores.

2ª Parte: Mão na massa.

- **Tempo:** 30 minutos.
- **Estratégia Metodológica:** Entender o funcionamento do arduino a partir da montagem de experimentos simples.
- **Descrição:** Os alunos desenvolverão a montagem de dois experimentos que utilizam sensores infravermelhos e são base para as experimentações a seguir. Eles terão que programar, testar e experimentar a ferramenta para que entendam na prática como o arduino funciona. O professor orientará a atividade; mediará, quando se fizer necessário e dará suporte quando as dificuldades aparecerem ao longo da exploração lúdica. Os instantes finais da aula serão destinados a relatar, no diário de bordo individual, as impressões e dificuldades encontradas por eles ao longo da atividade. O líder ficará responsável por escrever uma breve ata sobre a participação e colaboração dos integrantes do grupo.

Abaixo, segue os sites que contêm os experimentos que serão realizados na aula:

1. Site: <<http://www.squids.com.br/arduino/index.php/projetos-arduino/projetos-squids/intermediario/286-i01-sensor-optico-reflexivo-tcrt5000-como-interruptor-arduino>>
2. Site: <<http://www.squids.com.br/arduino/index.php/projetos-arduino/projetos-squids/intermediario/289-i04-usar-o-modulo-sensor-de-refletancia-ir-para-identificar-uma-faixa-arduino>>

AULA 6 - PRATICANDO NO ARDUINO COM SENSOR INFRAVERMELHO

P da Aprendizagem Criativa: Projetos, Paixão, Pares e Pensar Brincando.

Estratégia Avaliativa:

- Avaliação formativa: Registro das atividades no diário de bordo individual e do grupo.

1ª Parte: Discussão dos conceitos.

- **Tempo:** 20 minutos.
- **Estratégia metodológica:** Aprofundar a radiação infravermelha.
- **Descrição:** Visando aprofundar um pouco mais sobre a radiação, agora será tratado o conteúdo específico sobre a radiação infravermelha, abordando os principais aspectos que a permeiam (calor, propagação de calor, espectro eletromagnético, história e a descoberta). Essa abordagem iniciará após a exibição de um curto vídeo intitulado por “Infravermelho: Além do Visível” (disponível em: <<https://youtu.be/cOvppo6kXxA>>) e ele ajudará a incitar o aprofundamento do diálogo. Ainda que existam outros tipos de radiações presentes no espectro de ondas eletromagnéticas, esta sequência didática pretende abordar o tema de radiação infravermelha e os experimentos escolhidos utilizam sensores baseados neste princípio.

2ª Parte: Prática.

- **Tempo:** 30 minutos.

- **Estratégia metodológica:** Desenvolver a montagem dos experimentos da “Aula 1”.
- **Descrição:** Divididos em seus grupos, os discentes trabalharão na montagem dos experimentos da “Aula 1”. Serão entregues à eles os kits com os componentes, esquema das ligações dos experimentos e o código de programação. A sala ficará organizada de modo que algumas ferramentas fiquem acessíveis a todos e o professor tenha uma visão ampla do desenvolvimento dos grupos para eventuais intervenções. Ao final da prática, deverão fazer o preenchimento do diário de bordo (diário individual e do grupo), tal qual, na aula anterior.

AULA 7 e 8 - REVISÃO POR PARES

P da Aprendizagem Criativa: Projetos e Pares.

Estratégia Avaliativa:

- Avaliação somativa: Revisão por pares;
- Avaliação formativa: Registro das atividades no diário de bordo individual e do grupo.

1ª Parte: Revisão por pares.

- **Tempo:** 50 minutos.
- **Estratégia metodológica:** Revisar e refletir os mapas conceituais de maneira colaborativa.
- **Descrição:** Com os alunos em grupos, será solicitado que resgatem o mapa conceitual colaborativo. O professor recolherá os mapas e distribuirá de maneira aleatória estes para que cada grupo possa realizar a revisão. Eles terão que usar a estrutura original e sugerir mudanças na pergunta focal, hierarquia, conceitos, termos de ligação ou na estrutura do mapa. Deverão também indicar no diário de bordo do grupo o mapa conceitual revisado. Essa atividade é interessante para colocá-los na figura de avaliadores, saber o que os outros grupos têm pensado sobre o tema e se envolverem no processo de correção.

2ª Parte: Apresentação das sugestões da revisão por pares.

- **Tempo:** 50 minutos.
- **Estratégia metodológica:** Avaliar as revisões.
- **Descrição:** Os alunos irão apresentar as revisões dos mapas conceituais. Cada equipe deverá apresentar à turma as correções recomendadas. O docente mediará esse momento e dará o *feedback* na condução desse momento e esclarecerá as principais dúvidas que surgirão ao longo da construção.

AULA 9 a 11 - CRIANDO “ENGENHOCAS” COM SENSOR INFRAVERMELHO

P da Aprendizagem Criativa: Projetos, Paixão, Pares e Pensar Brincando.

Estratégia Avaliativa:

- Avaliação comparativa: Apresentação do projeto e registro das atividades no diário de bordo individual e do grupo.
- Avaliação somativa: Mapas conceituais colaborativos revisados.

1ª Parte: Pesquisa, elaboração e execução do projeto do grupo.

- **Tempo:** 50 minutos.
- **Estratégia metodológica:** Orientar a pesquisa do projeto do grupo e revisão dos mapas conceituais.
- **Descrição:** A partir desse momento os estudantes terão que pensar em seus próprios projetos para trabalhar. Eles poderão ter outras ideias, desde que utilizem sensores infravermelhos, ou se baseiem nos experimentos desenvolvidos na aula anterior; mas se optarem por seguir esse caminho, deverão adaptá-lo. A orientação é que pensem na comunidade que vivem e em como o projeto poderá oferecer melhorias ao espaço que estão inseridos. Poderão utilizar internet para pesquisar, utilizar outros materiais para incrementar o layout do projeto e serem bastantes criatividades para chegarem a um mapa conceitual comum. Além disso, terão as próximas aulas para realizarem as correções recomendadas pelos colegas na revisão por pares.

2ª Parte: Finalização do projeto do grupo e revisão do mapa conceitual colaborativo.

- **Tempo:** 50 minutos
- **Estratégia metodológica:** Mediar o projeto do grupo e os mapas conceituais colaborativos.
- **Descrição:** O professor disponibilizará essa aula para que os alunos finalizem o projeto, realizem os ajustes finais e revisem os mapas conceituais colaborativos. Caso esse momento seja insuficiente para a finalização do projeto, o professor poderá estender o tempo para que todos tenham as mesmas condições de finalização do produto final.

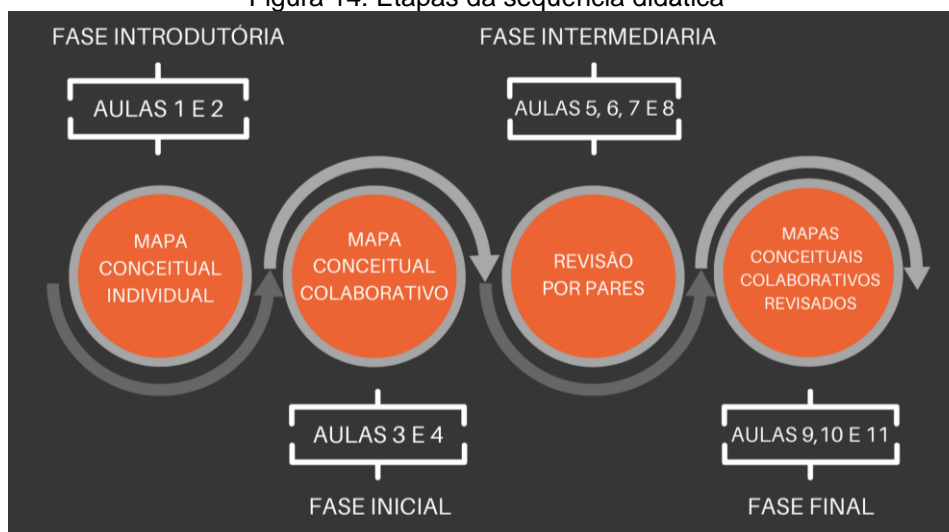
3ª Parte: Apresentação do projeto e do mapa conceitual colaborativo.

- **Tempo:** 50 minutos.
- **Estratégia metodológica:** Avaliar o projeto do grupo e o mapa conceitual colaborativo final.
- **Descrição:** Compartilhar o projeto é uma etapa bastante importante para a aprendizagem, pois é nesse momento que todos os alunos envolvidos na sequência didática ficarão sabendo no que cada grupo trabalhou ao longo da proposta educacional. Cada grupo deverá apresentar para a turma o projeto que desenvolveu mais a reavaliação sugerida na revisão por pares. Além disso, no ato da apresentação, deverão mencionar o sensor utilizado no experimento, o conceito físico, o funcionamento e a utilidade que a experiência tem para a comunidade. O professor avaliará a apresentação dos grupos e as anotações dos diários de bordo.

4.2. QUADRO RESUMO

A Figura 14 corresponde às etapas que serão sequenciadas no produto educacional. De modo, bastante resumido, são apresentadas as fases, as aulas em cada etapa e as ações mediadas com os mapas conceituais.

Figura 14: Etapas da sequência didática



Fonte: Própria autora.

A Tabela 7 contém o resumo da sequência didática descrita na seção acima. Essa tabela permite organizar, de maneira geral, os objetivos, estratégias, conteúdos e os princípios norteadores que deverão ser abordados, em cada aula, durante a intervenção.

Tabela 7: Quadro resumo da sequência didática.

Planejamento				
Título	Radiação Infravermelha e Suas Aplicações: Uma Proposta Didática de Mediação baseada na Aprendizagem Criativa Utilizando Mapa Conceitual e Arduino.			
Tema Gerador	Radiação			
Subtema	Radiação Infravermelha			
Objetivo Geral	Mediar aprendizagem criativa à luz do tema de radiação infravermelha, por meio da utilização de mapas conceituais, diário de bordo e arduino.			
Etapa	Aula	Objetivo(s) específico(s)	Atividade(s)	P da Aprendizagem Criativa
Introdução (2 aulas)	1	Organizar informações de um tópico da Física.	Mapa Mental	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos
	2	Avaliar os conhecimentos prévios sobre radiação infravermelha.	Avaliação Inicial: Mapa Conceitual Individual	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos

Inicial (2 aulas)	3	Verificar, por meio de questionário geral, o experimento que o aluno mais se simpatizou para aprofundar os conhecimentos.	Questionário Geral	<ul style="list-style-type: none"> • Paixão
	4	Captar os conhecimentos específicos, do grupo, de cada experimento; Trabalhar em grupo a construção do mapa conceitual colaborativo a partir do mapa conceitual individual; discutir aspectos históricos, científicos, tecnológicos, dentre outros, relacionados ao tema.	Questionário Específico e Mapa Conceitual Colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> • Pares; • Projetos.
Intermediária (4 aulas)	5	Conhecer o arduino, suas potencialidades e possibilidades.	Montagem de Experimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos • Pares • Pensar Brincando
	6	Montar os experimentos e avaliar o funcionamento do sensor infravermelho.	Experimentos sensor infravermelho	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos • Paixão • Pares • Pensar Brincando
	7-8	Revisar mapa conceitual colaborativo de outro grupo.	Revisão por Pares.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos • Pares
Final (3 aulas)	9-11	Criar, construir, revisar e apresentar o projeto do grupo utilizando sensor infravermelho e o mapa conceitual colaborativo.	Projeto do Grupo e Mapa Conceitual Colaborativo Revisado.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos • Paixão • Pares • Pensar Brincando

Fonte: Própria autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, vol. 13, nº 2, p. 141-157, 2013.

CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D. **Confiability de una taxonomía topológica para mapas conceptuales. Concept Maps: Theory, Methodology, Technology** Procediments of the Second International Conference on Concept Mapping, San José, Costa Rica, 2006.

FERRACIOLI, L. **Mapas Conceituais como Instrumento de Eliciação de Conhecimento. Revista Didática Sistêmica (Online)**, v. 5, p. 65-77, jan-jun,2007.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, vol 4. 2009;

INCROPERA, F.P.; BERGMAN, T.L.; DEWITT, D.P.; LAVINE, A.S. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**, 6ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora LTC. 2008.

JEWETT Jr., J.W.; SERWAY, R.A. **Física para Cientistas e Engenheiros: Luz, óptica e Física moderna**. 8.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MARCHESAN, C.; LIMA, S. I. Diário de Bordo: instrumento de reflexão da prática do professor da Escola Municipal Infantil Alvorada. In: **Mostra Interatica da Produção Estudantil em Educação Científica e Tecnológica (MoEduCiTec)**, 2017.

MICHA, D. N.; PENELLO, G.; KAWABATA, R.; CAMAROTTI, T.. “Vendo o invisível”. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física (Impresso)**, v. 33, p. 1501-1506, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo. Pedagógica e Universitária LTDA, 1999 – Reimpressão 2003.

NOVAK, Joseph D; GOWIN, Bob. **Aprender a aprender**. Editora Platano, 1 edição, 1996.

NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa, Plátano Edições Técnicas. Tradução para o português de Carla Valadares, do original Learning how to learn. (1996).

NUSSENZVEIG, H.M. **Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**, 4ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

OKUNO, E; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OLIVEIRA, A. M.; ANDRADE, P. A. A.; SIQUEIRA, M. C. A. A motivação em sala de aula: o que dizem os alunos sobre as aulas de Física do Ensino Médio?. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, v.5, n.2, p: 130-150, Julho/Dezembro 2018.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. . William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha. **REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA (ONLINE)**, v. 36, p. 1-11, 2014.

RESNICK, Mitchel. **Jardim de infância para a vida toda: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos**. Porto Alegre: Penso, 2020.

APÊNDICE A - CONTEÚDO BÁSICO COMUM - FÍSICA ENSINO MÉDIO



3º Ano

COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	CONTEÚDOS
<ul style="list-style-type: none"> Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas à Física em diferentes contextos relevantes para sua vida pessoal. Compreender o papel da Física e das tecnologias a ela associadas nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social contemporâneo. 	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar e dimensionar circuitos elétricos domésticos ou em outros ambientes, considerando informações dadas sobre corrente, tensão, resistência e potência elétrica. Relacionar informações para compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum. Selecionar procedimentos, testes de controle ou outros parâmetros de qualidade de produtos, conforme determinados argumentos ou explicações, tendo em vista a defesa do consumidor. Identificar diferentes ondas e radiações, relacionando-as aos seus usos cotidianos, hospitalares ou industriais. Comparar diferentes instrumentos e processos tecnológicos para identificar e analisar seu impacto no trabalho e no consumo e sua relação com a qualidade de vida. Analisar propostas de intervenção nos ambientes, considerando as dinâmicas das populações, associando garantia de estabilidade dos ambientes e da qualidade de vida humana a medidas de conservação, recuperação e utilização auto-sustentável da biodiversidade. Analisar diversas possibilidades de geração e condução de energia elétrica para uso social, identificando e comparando as diferentes opções em termos de seus impactos ambiental, social e econômico. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelo atômico atual. Radiação, suas interações e suas aplicações tecnológicas. Princípios fundamentais da eletrostática. Conceitos e aplicações de campo e potencial elétricos. Diferença de potencial e corrente elétrica. Elementos do circuito elétrico: resistor, gerador, receptor, condutor, elementos de controle e de segurança. Associação de resistores e geradores. Leis de Ohm. Potência elétrica. Circuitos elétricos simples. Introdução ao magnetismo: conceitos, ímãs naturais e artificiais e definição de campo magnético. Força de Lorentz. Lei de Ampere. Lei de Faraday e indução eletromagnética.