



O uso do Arduino na aprendizagem da Física mediado pela Educação STEAM

Daniel Gomes da Silva ^a, Maud Rejane Souza ^b, Josefina Barrera Kalhil ^c

^a Mestrando em Ensino de Ciência na Amazônia – UEA,

^b Doutora em Educação em Ensino de Ciências, docente da Universidade do Estado do Amazonas – UEA,

^c Doutora em Física, docente da Universidade do Estado do Amazonas – UEA.

ARTICLE INFO

Recebido: 25 de fevereiro de 2021

Aceito: 16 de abril de 2021

Disponível on-line: 31 de maio de 2021

Palavras chave: Arduino, Ensino de Física, STEAM

E-mail:

daniel.danfi2018@gmail.com

maudsouza1@gmail.com

josefinabk@gmail.com

ISSN 2007-9847

© 2021 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Este trabalho de natureza qualitativa é resultado do processo de investigação do mestrado em Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas e utiliza a Educação STEAM no processo de formação inicial de professores de licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas com o objetivo de conceber e aplicar tarefas para a criação de uma estação meteorológica digital portátil desenvolvida com a plataforma de prototipagem eletrônica arduino. Para alcançarmos nosso objetivo, nos baseamos na estratégia da aprendizagem baseada em tarefas para promoção de habilidades alinhadas com a Taxonomia de Bloom, visando envolver os futuros docentes de forma ativa. Ao longo desta pesquisa projetamos e implementamos uma oficina de baixo custo e aplicamos na prática os conteúdos oriundos da Termodinâmica envolvendo grandezas relacionadas ao ambiente, clima, temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade. Os resultados sinalizam que a Educação STEAM com o uso do arduino tem recursos tecnológicos suficientes e podem ser utilizados como ferramenta pedagógica para a aprendizagem ativa por sua facilidade de locomoção, baixo custo e na promoção de habilidades como criticidade, criatividade, autonomia, pensamento sistêmico, empatia e cooperação. Contudo, avaliamos que o uso dessa tecnologia precisa ser acompanhado de mudança no método de ensino, pois o aluno deve ser o protagonista do seu processo de aprendizagem e o professor o grande mediador desse processo.

This qualitative work is the result of the research process of the master's degree in Science Education in the Amazon at the University of the State of Amazonas and uses STEAM Education in the process of initial training of physics teachers at the Federal Institute of Education, Science and Technology do Amazonas with the objective of designing and applying tasks for the creation of a portable digital meteorological station developed with the Arduino electronic prototyping platform. To achieve our goal, we rely on the task-based learning strategy to promote skills aligned with Bloom's Taxonomy, aiming to actively involve future teachers. Throughout this research, we designed and implemented a low cost workshop and applied in practice the contents derived from Thermodynamics involving quantities related to the environment, climate, temperature, relative humidity and luminosity. The results indicate that STEAM Education with the use of arduino has sufficient technological resources and can be used as a pedagogical tool for active learning due to its ease of movement, low cost and the promotion of skills such as criticality, creativity, autonomy, systemic thinking, empathy and cooperation. However, we believe that the use of this technology needs to be accompanied by changes in the teaching method, as the student must be the protagonist of his learning process and the teacher the great mediator of this process.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a tarefa do professor de Física é um verdadeiro desafio, pois precisamos ensinar de modo atrativo, instigando a curiosidade discente de maneira prática e experimental, ao mesmo tempo em que ele deve ser preparado para enfrentar os desafios deste século e estimulado a ser protagonista do seu próprio aprendizado.

A Física por ser uma ciência fenomenológica, se fundamenta tanto em princípios teóricos como na experimentação. Entretanto, a realidade em sala de aula ainda é a de um ensino tradicional, sendo a teoria desvinculada da prática, focada na resolução de lista de exercícios. Como resultado, os alunos ambientados com os avanços científicos e tecnológicos, seja no cotidiano ou no trabalho, reclamam que há um abismo entre o que eles vivenciam e o que é ensinado na sala de aula (SOUZA, 2011).

Nesse caminhar, o processo de ensino e aprendizagem da Física necessita que a teoria dialogue com a prática, em especial o entendimento de que a ausência desse diálogo causará prejuízo para a aprendizagem significativa do aluno. No balanceamento dessa equação, as atividades práticas enfrentam um desafio maior, pois envolvem custos tanto de tempo por parte do docente na elaboração de atividades, quanto em relação aos custos financeiros na implementação das mesmas.

Este trabalho de natureza qualitativa é resultado do processo de investigação do mestrado em Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas e utiliza a Educação STEAM no processo de formação inicial de professores de licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas com o objetivo de conceber e aplicar tarefas para a criação de uma estação meteorológica digital portátil desenvolvida com a plataforma de prototipagem eletrônica arduino. Para alcançarmos nosso objetivo, nos baseamos na estratégia da aprendizagem baseada em tarefas para promoção de habilidades alinhadas com a Taxonomia de Bloom, visando envolver os futuros docentes de forma ativa.

Realizamos o estado da arte e ao analisarmos vários estudos sobre a Educação STEAM, verificamos diversas propostas baseadas no uso de *Arduino* relacionado a resolução de problemas práticos na física.

A Educação STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) é uma abordagem inter e transdisciplinar que está associada ao movimento *Make*, que utiliza atividades práticas, relacionadas ao cotidiano do aluno, onde a proposta é que além de aprender fazendo com a mão na massa (*hands on*), haja engajamento dos alunos proporcionando o desenvolvimento de habilidades como criticidade, criatividade, cooperação, visão sistêmica, inovação e resolução de problemas do cotidiano; utilizando para isso ferramentas diversas, sucatas, materiais elétricos/eletrônicos, telefones celulares, computadores; uma das preocupações para a aplicação dessa abordagem é que o material utilizado não seja algo caro e dispendioso para sua implementação em sala de aula (HETLAND E WINNER, 2004; LIAO, 2016; KANEMATUSU E BARRY, 2019; SOUZA E SOUZA, 2020).

Ao longo desta pesquisa projetamos e implementamos uma oficina de baixo custo e aplicamos na prática os conteúdos oriundos da Termodinâmica envolvendo grandezas relacionadas ao ambiente, clima, temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade; proporcionando o desenvolvimento de habilidades tecnológicas básicas aos alunos. Ministramos as oficinas de aprendizagem através de ensino remoto utilizando a sala de aula virtual do google classroom.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A história da humanidade é marcada por revoluções sejam de ordem política, econômica ou científica, que afetam diretamente a sociedade, cada uma na sua ordem de grandeza. Especificamente destacamos as revoluções científicas, que refletem o engajamento da comunidade científica na construção dos padrões técnicos e tecnológicos que irão impulsionar o desenvolvimento da sociedade. Esses padrões se refletem na sociedade em forma de tecnologias emergentes, que tanto nos ajudam no dia a dia como: na agricultura, nos transportes, medicina e telecomunicações (KUHN, 2006).

A escola precisa estar em sintonia com a realidade tecnológica da atualidade e deve proporcionar aos jovens um embasamento teórico que os habilite a ter uma visão crítica das vantagens e desvantagens, abrangência e limites do uso cada vez maior da tecnologia e suas implicações no cotidiano. Nesse caminhar, a Física há muito tem contribuído, para o progresso da ciência, desde a Grécia, Alexandria até a Europa, cujos esforços culminaram no desenvolvimento da engenharia.

Igualmente, há uma verdadeira falta de sintonia entre o processo de ensino e aprendizagem da Física e as demandas e necessidade do século XXI, em outras palavras, a Física ensinada nas escolas é desatualizada de conteúdos e tecnologias, segundo pesquisa de Souza (2011), o ensino de Física é anacrônico, ou seja, continua se ancorando no século passado e não responde às necessidades da era da tecnologia digital, permanece centrado no professor e não nos alunos, o aprendizado é mecânico, se limitando a resolução de exercícios, memorização de equações e sem pouca ou qualquer conexão com a realidade dos alunos (SOUZA, 2011).

Um caminho alternativo a essa realidade é sinalizado por Comenius, que no século XVII já sinalizava problemas similares ao que lidamos nos dias hoje. Ele fez duras críticas à escola cuja educação se resumia a transmissão de conhecimento abstrato por parte do professor. Por outro lado, Comenius enfatizou a necessidade da prática, do aprender fazendo e afirma que a escola precisa estar atenta as particularidades de cada pessoa, respeitando a capacidade do indivíduo (COMENIUS, 2010).

Além do mais, nós professores precisamos estar atentos ao fato de que a aprendizagem seja experimental ou conceitual, precisa de prática e requer dialogar com as tecnologias digitais, pois elas são uma realidade pelo qual os discentes convivem diariamente. Eles nasceram em meio à revolução da tecnologia digital, caracterizada pela uso da Internet, pesquisas no Google, redes sociais e comunidades virtuais. Os alunos são conhecidos por pertencerem à geração Z ou nativos digitais, cujo nascimento coincide com o surgimento da revolução das tecnologias digitais (CAMPEIZ *et al.*, 2017).

Os professores precisam de uma formação para aprender essas habilidades tecnológicas inovadoras, afim de ensinar aos alunos as tecnologias associadas a sólidos conhecimentos científicos, no caso desta pesquisa, tocante, a termodinâmica, para que possam compreender o aquecimento global e gerar soluções, seja monitorando a temperatura e umidade relativa do ar na comunidade onde vivem e a partir dos dados obtidos dessas mensurações, ou propor formas de dirimir e eliminar as variáveis que comprometem o clima.

Apropriar-se das leis que compõem a Termodinâmica permite entender um fenômeno muito estudado nos dias de hoje que são as ilhas de calor urbano. Elas são causadas pelo armazenamento de calor durante os dias típicos nos ambientes urbanos, através da radiação solar recebida e a emissão produzida pela Terra para atmosfera durante a noite. Diversas áreas do conhecimento podem ajudar a entender esse fenômeno não apenas a física. O estudo desse tema é pedagogicamente rico, proporcionando aos alunos uma reflexão sobre as consequências das ações do homem para o meio ambiente (SANTOS *et al.*, 2016).

Por outro lado, não basta que o aluno seja detentor de sólidos conhecimentos científicos ou apropriar-se das mais avançadas tecnologias digitais disponíveis, se o mesmo não tiver desenvolvidos habilidades de comunicação, cooperação, visão sistêmica, criação e resolução de problemas e nesse sentido a presença do conhecimento da Física é justificada por estar alinhada com ao conceito de formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, como preconiza os parâmetros curriculares nacional – PCN+ Física Ensino Médio (BRASIL, 2002).

Nesse contexto, o professor precisa ter conhecimento de materiais de baixo custo principalmente referente à componente relativa aos recursos tecnológicos. Por conseguinte, uma alternativa viável é a adoção de ferramentas tecnológicas com características código aberto ou *open source*. Uma tecnologia *open source* possibilita que qualquer pessoa possa fazer alterações seja no *hardware* ou *software*, sem ter que pagar direitos autorais como por exemplo a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino passa a ser um precioso recurso nessa conjuntura.

A plataforma de prototipagem eletrônica Arduino foi desenvolvida no *Interaction Design Institute* da cidade italiana de Ivrea no ano de 2005, como resultado da parceria entre os professores Massimo Banzi, seu aluno David Mellis e o pesquisador David Cuartielis. O objetivo deles era o de desenvolver atividades com interatividade envolvendo a utilização de robótica em uma turma de design. Mas o que os motivaram a produzir a plataforma *Arduino* foi a dificuldade

de trabalhar no ensino de eletrônica para profissionais de outras áreas e a falta de placas eficientes na época (RUBIM JUNIOR, 2014).

Por ser uma plataforma de prototipagem com hardware e software livre a cada dia vem ganhando adeptos nas mais diversas áreas do conhecimento, com finalidade de aplicação que vai de experimentos didáticos a aplicações industriais com ótimos resultados. O seu maior diferencial é o baixo custo se comparado com outras tecnologias como o *Raspberry Pi*, um grande leque de opções de sensores e atuadores, disponibilidade livre de uma infinidade de tutoriais e exemplos tanto de circuitos como de *sketch*, tudo isso associado ao fato de que pode ser feito por pessoas com pouco ou quase nada de conhecimentos em eletrônica.



FIGURA 1. Placa *Arduino Uno* vista de cima. Fonte: Dos autores, 2020

Utilizamos a Estratégia Instrucional Centrada em Tarefas levando em consideração a aprendizagem para a proficiência tecnológica com o *Arduino*. Ela consiste na divisão da aprendizagem em várias unidades e objetivos individuais. Nesse contexto, os alunos precisam ter domínio de cada unidade, alcançando seus objetivos através do ensino individualizado associados a experiências do mundo real. Então, os critérios de domínio de cada unidade estudada são definidos em termos de objetivos de aprendizagem e os alunos avançam para a próxima unidade depois de detectado esse domínio (CHANG; CHEN, 2020).

Nessa perspectiva as atividades podem ser desenvolvidas em colaboração entre os discentes. Os professores participam desse processo como facilitador, com a disponibilização de demonstrações das tarefas de diversas formas e sempre estimulando o aluno a aprender por observação e imitação. A intenção é que eles se ambientem com o conteúdo a partir de atividades e diretrizes relevantes de aprendizagem, com foco na integração do conhecimento e habilidades psicomotoras para completar a tarefa e as subtarefas (CHANG; CHEN, 2020).

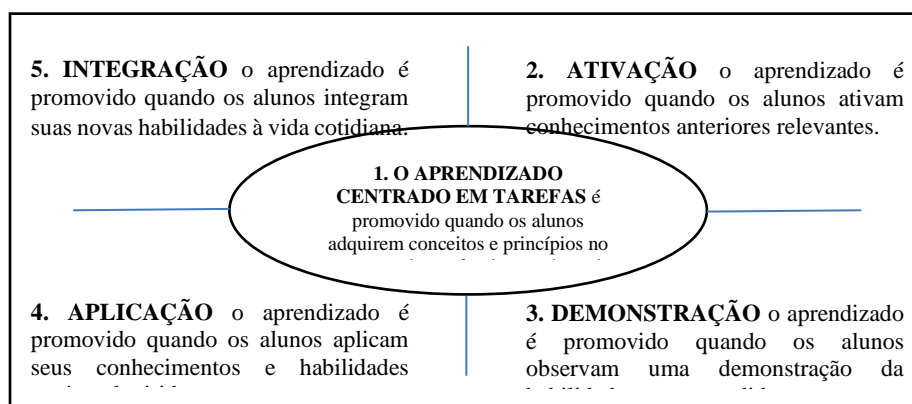


FIGURA 2. Primeiro princípio de instrução. Fonte: (MERRILL, 2007).

O desenvolvimento instrucional prevê um norte em relação aos procedimentos de projeto instrucional centrado a partir da definição de tarefa e com o primeiro conteúdo. Com isso, há um ciclo instrucional bem definido que parte de uma tarefa centrada no contexto de uma tarefa do mundo real, que no caso para essa pesquisa é a construção de uma Estação Meteorológica Digital Portátil - EMDP. Esse caminho se resume em: ativação, demonstração, aplicação e integração, como mostra a figura 2. Essas fases são ideais quando relacionado ao contexto de tarefas do mundo real (MERRILL, 2007).

Nessa estratégia as primeiras etapas identificam um conjunto de tarefas do cotidiano que futuramente representarão o conteúdo real da instrução. Ela consiste de três passos, onde o primeiro identifica uma tarefa inteira típica; o segundo identifica uma série de tarefas semelhantes de crescente complexidade; o terceiro identifica as habilidades dos componentes comuns a essas tarefas. Neste modelo, os idealizadores especificam o conteúdo a ser ensinado no início e somente depois combinam esse conteúdo com uma estratégia instrucional para fornecer o projeto instrucional completo (MERRILL, 2007).

Ao final de nosso processo de investigação pretendemos responder aos seguintes questionamentos:

- O uso do arduino como ferramenta tecnológica e pedagógica potencializa a aprendizagem ativa dos alunos?
- É possível ensinar os componentes curriculares relacionados ao tema Termodinâmica a partir de uma estação meteorológica digital portátil?
- Qual a visão dos alunos diante dessa ferramenta tecnológica mediada pela Educação STEAM?

III. METODOLOGIA: PERCURSO DA PESQUISA

Projetamos e implementamos a oficina intitulada Arduino e Aprendizagem da Física, a fim de resolver o seguinte problema: a Educação STEAM mediada pelo Arduino integrada à formação inicial dos professores de Física potencializa o processo de aprendizagem ativa da Termodinâmica?

Para solucionar esse problema realizamos oficinas através do *google classroom*, os participantes da pesquisa foram 8 (oito) alunos do 7º período do curso de Licenciatura Plena em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, seguimos o desenho da pesquisa qualitativa exploratória e descritiva, como afirma Creswell (2007, p.202) : “Os dados que emergem de um estudo qualitativo são descritivos. Ou seja, os dados são relatados em palavras (primariamente nas palavras dos participantes) ou desenhos em lugar de números”. Nessa perspectiva, o intuito foi de obter a singularidades dos alunos, registrando as vozes dos seus pontos de vistas, a abordagem consistiu na aquisição das expressões, opiniões e sentimentos dos participantes ao longo das atividades da intervenção.

A composição dos dados qualitativos inicialmente foi obtida a partir dos comentários dos participantes registrados na sala de aula virtual e no grupo de *whatsapp*, bem como a partir das imagens da montagem dos circuitos após a realização de cada subtarefa. Outra fonte de dados gerados consistiu no diário de campo que a cada dia era preenchido com informações sobre a rotina geral durante a intervenção. No final da oficina os alunos foram convidados a realizar uma entrevista semiestruturada e responder questionamentos realizados com o auxílio do *google meet*.

III.1 Cenário exploratório na Intervenção

A oficina foi realizada em 2 etapas ao qual denominamos cada uma de subtarefas. Cada subtarefa foi executada através de demonstração na sala de aula virtual, dessa forma a medida que os alunos tinham dúvidas ou curiosidades íamos sanando cada uma.

A sala de aula virtual utilizada através do google classroom foi realizada na modalidade de ensino remoto baseado em atividades síncronas e assíncronas. As atividades síncronas têm interação em tempo real entre o pesquisador e os participantes com em uma video conferência, por exemplo. Nas atividades assíncronas os alunos podem realizar no momento mais oportuno para eles como por exemplo a resolução de uma lista de exercícios ou mensagem na sala de aula virtual.

As atividades síncronas ocorreram a partir de um grupo de *whatsapp* e as atividades assíncronas se deram mediante sala de aula virtual disponível no *google classroom*. A sala de aula virtual foi um momento onde os alunos interagem com os conteúdos disponibilizados para estudo, possibilitados pela conveniência de poder acessar no horário que achassem oportuno, porém apresentando os mesmos desafios das sala de aulas presenciais como dúvidas, questionamentos, incertezas, e a medida que interagiam com as atividades, nesse aspecto o *google classroom* foi um recurso importante para a viabilização das atividades remotas. Disponibilizamos para cada participantes da pesquisa *kits* para as atividades práticas componentes como descrito na tabela I.

TABELA I. Lista de Componentes.

<i>Item</i>	<i>Componente</i>	<i>Descrição</i>	<i>Quantidade/ aluno (UN)</i>
1	Arduino NANO	V3.3 com cabo de comunicação USB mini	1
2	Display LCD	16x2, I2C, <i>backlight</i> azul	1
3	Bateria	9V, Alcalina	1
4	DHT 22	Sensor de temperatura e umidade do Ar	1
5	<i>Reed switch</i>	Sensor magnético NA	1
6	LDR	Resistor dependente de luz, 5mm	1
7	YL-83	Sensor de chuva	1
8	YL-69	Sensor de umidade do solo	1
9	DS18B20	Sensor de temperatura a prova água	1
10	FD-10	Sensor Nível de água	1
11	CAIXA PATOLA	Mod. 114/2 Cor preta com tampa 38x97x148 mm	1
12	<i>μ Pushbutton</i>	2 terminais	1
13	Potenciômetro	10kΩ 3 pinos filme de carbono	1
14	<i>μSDCARD</i>	Módulo para <i>Arduino</i>	1
15	<i>Jumper</i>	Macho-fêmea 20cm	10
16	<i>Pushbutton</i>	2 terminais	4
17	PCB	Placa Estação Meteorológica Portátil 8,1x6,0 cm	1
18	LED	Vermelho 3mm difuso	2
19	LED	Verde 3 mm difuso	2
20	LED	Amarelo 3 mm difuso	2
21	Resistor	10kΩ ±5% 1/4W	3
22	Resistor	330Ω ±5% 1/4W	3
23	Resistor	4,7kΩ ± 5% 1/4W	3
24	<i>protoboard</i>	400 furos	1
25	<i>Case</i>	Com 12 divisórias e tampa	1

FONTE: os autores, (2020).

III.1.1 Etapa 1: Introdução à Plataforma Arduino

Os alunos que nunca haviam trabalhado com o arduino, iniciaram as atividades da etapa 1 que foram distribuídas em 3 subtarefas destinadas ao aprendizado dos principais conceitos e ambientação dos participantes com a tecnologia fundamental da oficina que é a plataforma de prototipagem eletrônica *Arduino*, no percurso das três subtarefas, eles experienciaram contato teórico e prático de componentes eletrônicos como resistores, potenciômetros, diodo emissor de luz ou LED's, jumpers, resistor dependente de luz ou LDR, *push button*, disponibilizados em *kit's*.

A oficina que foi norteada pela Educação STEAM, tinha o intuito de promover a aprendizagem de conceitos e tecnologia, para isso ao projetarmos essa etapa buscamos através de um teste diagnóstico saber que conhecimento e habilidades eram inerentes aos alunos. Além do mais, os aspectos teóricos e práticos foram estendidos ao uso e as principais funcionalidades do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (ADI), bem como o conhecimento básico sobre montagem de circuitos em *protoboard* e noções básicas de linguagem de programação a partir dos *sketchs* utilizados.

Os conceitos principais contemplados por esses objetivos são: entradas digitais e analógicas; a diferença entre sensores e atuadores; modulação por largura de pulso (PWM), variáveis, vetores e funções como *for*, *if*, *while*, *map*, principalmente. Trabalharemos eles nos circuitos e na implementação dos *Sketches* que foram disponibilizados para os alunos inicialmente.

Além do mais, as subtarefas 1.1, 1.2 e 1.3 contemplava o objetivo aplicar, especificamente nos aspectos práticos da aprendizagem como a montagem de circuitos, o aprender fazendo. A sequência das tarefas solicitadas aos alunos nessa etapa 1 foram: a conexão dos jumpers entre os componentes eletrônicos e a *Shield* do Arduino, ligações e seleção da placa do *Arduino Nano* no menu ferramentas; instalação do *sketch* da atividade, indo ao menu Arquivo, selecionando a opção abrir, depois o arquivo para o circuito da atividade, em seguida a opção verificar e por último carregar.

Com essas sequências, os alunos obtiveram elementos que os ajudaram na montagem dos circuitos e *sketches* para próxima etapa da oficina. Com esses subsídios eles estavam aptos para articular os conhecimentos físicos com os recursos tecnológicos relacionando os conceitos de termodinâmica que estudaram na sala de aula virtual, e puderam aplicar na prática a próxima etapa que era a montagem dos circuitos, a implementação de funções do *sketch* articulando na resolução de problemas do mundo real.

Essa articulação entre a teoria com a atividade experimental possibilita um caminho que torna, nas palavras de Souza (2011, p.69) “a vivência de uma Física mais prazerosa, mais desafiadora e imbuída de significados”. Acreditamos que esse de fato é a via para um aprendizado eficiente e defendemos que esses aspectos contribuem para criar uma imagem atrativa da Física, despertando no discente curiosidade e interesse pela disciplina, pois eles sabiam o que estavam fazendo o que gerou confiança nos mesmos.

Mais especificamente falando em relação ao estudo das leis que regem a termodinâmica, a partir do norteamento obtido pela Educação STEAM eles estavam indo além do aprendizado dos conceitos. Estas etapas específicas das subtarefas propostas na oficina nos levaria a construção da estação meteorológica digital portátil e a partir desses entendimentos e montagem passo a passo acreditamos ter subsídios suficientes para motivar o aluno a estudar e aplicar as leis da termodinâmica no entendimento do mundo que o cerca.

III.1.2 Etapa 2: Estação Meteorológica Digital Portátil

A Etapa 2 foi distribuída em 5 subtarefas, elas foram destinadas ao aprendizado acompanhado do respectivo objetivo alinhado à Taxonomia de Bloom Revisada (quadro II). O estudo dos principais conceitos termodinâmicos foi orientado tanto para o viés teórico como para a prática em relação às variáveis de estado, temperatura, pressão, as leis da Termodinâmica, basicamente a lei zero aplicada na construção da estação meteorológica portátil e sua aplicação para entendimento do clima.

Esta etapa foi estruturada para desenvolver habilidades envolvendo o conteúdo de Termodinâmica e a construção de uma Estação Meteorológica Digital a Portátil, e foi trabalhado além dos conceitos a verificação e o funcionamento de sensores para o monitoramento da umidade relativa do ar e temperatura; detecção de chuva e de umidade do solo;

velocidade do vento; potenciômetro e *push button*. Em relação aos atuadores, nossos futuros professores tiveram a oportunidade de conhecer o display LCD 16x2 com módulo I2C; LED além de uma *Shield* para armazenamento de dados.

As subtarefas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 contemplavam os objetivos lembrar, analisar e sintetizar. Os primeiros objetivos foram alcançados abordando os conceitos e fundamentos das bibliotecas, que no caso será a biblioteca do sensor DHT22, DS18B20, *one Wire*, módulo I2C do atuador LCD 16x2. Nessa etapa da oficina projetamos atividades para que os alunos abrissem pastas com os *sketches*, entretanto eles precisariam fazer pequenas adaptações para que os circuitos funcionem levando em consideração conceito da Termodinâmica.

QUADRO II. Objetivos da Etapa 2 de acordo com a Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão conhecimento	Dimensão processo cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Sintetizar	Criar
Efetivo/factual	Teste-etapa 2 Questões 1 a 4					
Conceitual	Subtarefa 2.1,2.2,2.3, 2.4,			Subtarefa 2.1 Exercício 2.1	Subtarefa 2.2 Exercício 2.2	
Procedural		Subtarefa 2.1,2.2,2.3, 2.4,	Subtarefa 2.1,2.2,2.3, 2.4,			Subtarefa 2.7
Metacognitivo						Teste etapa 2 Questão 5

FONTE: os autores, (2020).

As atividades relacionadas a síntese envolveram comparar o valor das temperaturas do ar em escalas Celsius e Fahrenheit e seus respectivos erros de medição para a temperatura e também para umidade relativa do ar. O exercício 2.2 consistiu em justificar o uso do sensor DS18B20 e o sensor DHT22 para medição da temperatura do ar levando em consideração a umidade ou mesmo ambientes com quantidade significativa de água.

Nas subtarefas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 os alunos tiveram a oportunidade de aprender fazendo e montando circuitos mais elaborados com um sketch que precisava de ajuste para ter a prática finalizada, utilizaram conceitos de Termodinâmica para que funcionasse corretamente.

Além do mais, os participantes em cada subtarefa os mesmos eram desafiados a articular o que aprendiam na sala de aula virtual com a resolução de um problema relacionado a uma programação do circuito, ao próprio circuito ou em um conceito necessário ao entendimento do que estava sendo estudado na atividade prática. Eles aprenderam onde um conceito físico se apresenta no software, no circuito elétrico, ou na interpretação física de um fenômeno natural.

Na sétima subtarefa os alunos montaram a placa principal da EMDP e seus respectivos sensores e atuadores. Essa atividade consistiu na conexão dos sensores da fonte de alimentação, *Shield* do *Secure Digital* ou *SD Card*, botões, *display* na placa principal, foram disponibilizados esquemas elétricos, diagramas e orientações gerais. Em posse do diagrama elétrico mostrando todos os elementos que da EMDP eles colocaram a mão na massa e verificaram que ela era alimentada por uma tensão de 9V que ia para o pino Vin do *Arduino Nano*.

Após finalizar a montagem da EMDP carregou-se o *Arduino Nano* com o sketch específico para ela associando todos os sensores e atuadores para efetuar as medições e armazenar os dados no *SD Card* para a composição de gráficos que possibilitaria a análise e interpretação para o entendimento do tempo e do clima de uma determinada região.

Alcançamos assim o objetivo do projeto que era criar a Estação Meteorológica Digital Portátil, finalizada a oficina os participantes foram convidados a dissertar sobre as aplicações da EMDP em diversas áreas implementáveis e articulando o aprendizado tecnológico, com conhecimento científico e as habilidades desenvolvidas.

IV ANÁLISE E RESULTADOS

Utilizamos diversas fontes de informação tecnológica como: *google classroom*, conversa individual com os participantes pelo *whatsapp*, informações como comentários, opiniões e imagens postadas nesses dois canais de comunicação vídeos das atividades finalizadas postadas no *google classroom* e *whatsapp* (Figura I). Esse caminho foi adotado inicialmente (Etapa 1) mas na imersão profunda ou etapa 2 acrescentamos entrevista com os participantes para uma maior amplitude de informações na triangulação de dados.

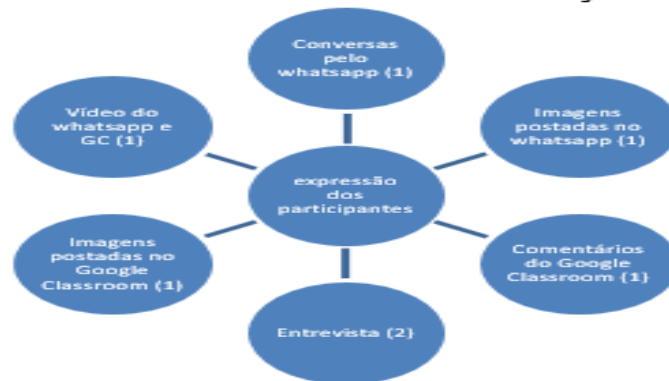
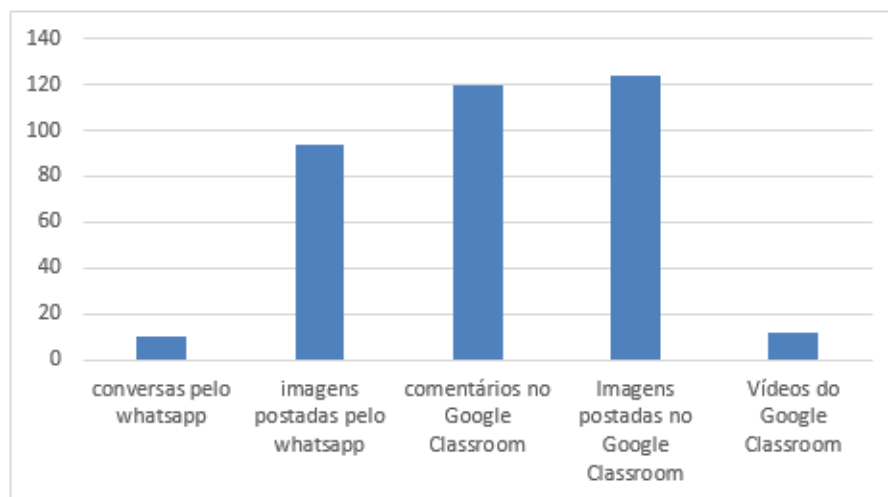


FIGURA 3. Fontes de informações. Fonte: Dos autores, (2020).

Com o início do trabalho de campo experimental obtivemos um quantitativo de dados não estruturados (Gráfico I) que precisou ser codificados para obter uma descrição mais completa e servir como fontes de informação relevante. A partir de uma análise inicial quantitativa elementar foi possível eliminar dados desnecessários e preservar as informações alinhadas com a formulação do problema de nossa pesquisa. Além do mais, elas delinearão categorias que foram codificadas a partir do conceito de codificação aberta gerando com isso unidades de significados.

GRÁFICO I. Quantitativo de dados não estruturados.



Fonte: Dos autores, (2020)

Nesse primeiro nível os segmentos de dados foram ganhando significados a partir das categorias e para cada uma delas foi atribuído um código que emergiu naturalmente delas. O segmento de análise (1) “comentários das subtarefas” foi obtido 7 categorias com a seguinte codificação: dificuldade, aprendizado adquirido, sentimento, explica o funcionamento, êxito, opinião sobre o *Arduino*, aplicação para o cotidiano. No Gráfico II, há um mapa conceitual que descreve a relação entre essas categorias iniciais.

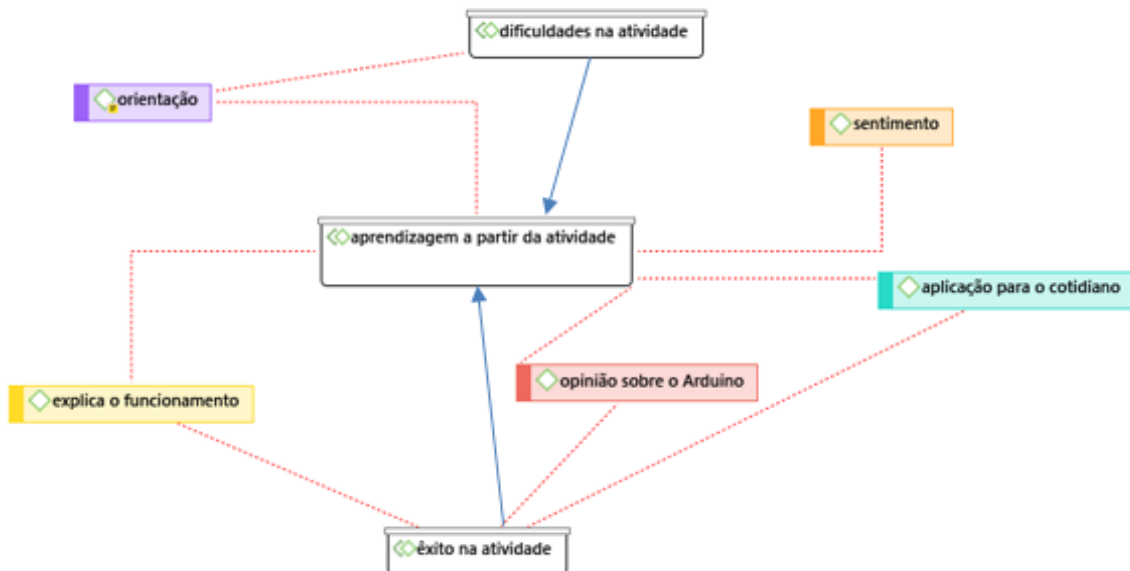
Seguimos a lógica de codificação axial a partir da comparação constante de categorias com o intuito de consolidarmos as mesmas até a abordagem com mais profundidade posteriormente. Com a definição e revisão das categorias foi possível chegar a um diagrama que consistiu das fontes até agora trabalhadas e representa um paradigma codificado obtido já com as categorias saturadas, consolidadas e suas respectivas relações (Gráfico III). Após a finalização das atividades foi realizada uma entrevista e a partir do conceito de indução, o panorama obtido até agora pode ser considerado consistente com nossas questões de pesquisa e foi apenas alinhada com as vozes propriamente dita dos participantes.

GRÁFICO II. Mapa conceitual do segmento (1)



Fonte: Dos autores, (2020).

GRÁFICO III. Mapa conceitual das categorias saturadas e consolidadas.



Fonte: Dos autores, (2020).

VI.1 Aprendizagem a partir das atividades

A partir de 5 questões do teste da etapa 1, verificamos o aprendizado dos objetivos que propomos inicialmente, estas questões resumiam os principais conceitos que subsidiaram os demais objetivos estudados na oficina. Os resultados mostram um aproveitamento substancial na maioria das questões apesar da questão 4 alguns tiveram dúvida em relação a diferença entre sensores digitais e analógicos.

Apesar do pouco conhecimento prévio que os participantes tinham sobre o *Arduino*, relatado no questionário diagnóstico, com o estudo da subtarefa nos item 1.1, ficou evidente que eles alcançaram os objetivos iniciais. Esses conhecimentos foram fundamentais para a continuidade dos trabalhos em todas as etapas da oficina, por isso o cuidado com o desenvolvimento passo a passo desta subtarefa.

A atividade da subtarefa 1.1 diz respeito ao contato inicial com o *Integrated Development Environment* ou IDE do *Arduino*, montagem de circuitos básicos e os fundamentos da linguagem C para programação dos *Sketches*. Esse aprendizado inicial foi distribuído nas três primeiras subtarefas (1.1; 1.2 e 1.3) e consistiu de conteúdo essencial para que os participantes obtivessem as noções básica sobre o software, hardware e a programação da tecnologia do *Arduino*. Com esse aprendizado inicial eles puderam chegar até a etapa 2 da oficina que se referiu a construção da Estação Meteorológica.

Avançando para a subtarefa 1.2 ainda tratando dos mesmos objetivos da atividade anterior, os participantes puderam se familiarizar com componentes eletrônicos básicos como resistores, jumpers e *Light Emitting Diode* ou LED. Todo esse conhecimento estudado de forma conceitual e posteriormente aplicados em atividades práticas. Ao mesmo tempo que esses conceitos eram estudados há uma ligação com a parte de programação e a abordagem prática, sendo essas as características fundamentais da educação STEAM pelo viés da aprendizagem centrada em tarefas.

Também nesta atividade foi contemplado o aprendizado referente ao comportamento gráfico (plotter serial) e numérico (monitor serial) de sensores digitais como o *pushbutton* e sensores analógicos como o *Light Dependent Resistor* ou LDR. Enfatizamos que todas as atividades foram orientadas por vídeos tutoriais e a apostila da oficina disponibilizada na sala de aula virtual. Em geral todos conseguiram finalizar a atividade.

A atividade final (item 1.3) da etapa 1 da oficina visa a ambientação deles com a função mapeamento ou apenas MAP e o sensor analógico potenciômetro. Escolhemos essa função e o respectivo sensor pois há sensores na EMD que usam o princípio análogo ao que foi aprendido nessa subtarefa, por isso seu entendimento foi fundamental. Com o entendimento conceitual, os participantes puderam aplicar na prática o que aprenderam.

A Etapa 2 foi inicialmente concebida em 7 subtarefas mas que por razões de adaptação ao ensino remoto foi delimitada em 5 subtarefas, ficando as duas restantes como sugestão de aplicação. Nesta fase do trabalho o foco envolveu a articulação entre os conhecimentos sobre Termodinâmica servindo como subsídios para a construção de uma Estação Meteorológica Portátil de baixo custo devido a tecnologia empregada se baseada no *Arduino*.

Ao avaliarmos esta etapa verificamos que os participantes conseguiram alcançar os objetivos proposto que era familiarizar os participantes com os sensores utilizado ao longo desta etapa bem como os procedimentos fundamentais para que eles possam fazer as medições corretamente de grandezas como temperatura e umidade relativa do ar, umidade do solo, detecção de luminosidade, principalmente.

As subtarefas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 foram aplicadas na prática: programação, montagem e experimentação dos circuitos eletrônicos com sensores todos os alunos tiveram sucesso nessa prática experimental.

Ao promover essas subtarefas, contemplamos os objetivos de aprendizagem que era: lembrar, aplicar, criar, almejávamos que os participantes pudessem implementar em situações do cotidiano o emprego de conceitos como temperatura, escalas termométricas e suas respectivas conversões, principalmente. Nesse caminhar, o aprendizado da Física adquire novos contornos e passa a ser um recurso fundamental para o entendimento do mundo a nossa volta. Promovendo a participação dos alunos no estudo e estimulando neles reflexões entre o que se aprende e a realidade a nossa volta (PEREIRA, 2018).

Com a realização da subtarefa 2.2 chegamos a um nível mais elevando em relação ao estímulo da curiosidade e interesse dos participantes. Descoberta similar enfatizada por Rodrigues (2014,p.55) sobre a inserção no ensino da Física:

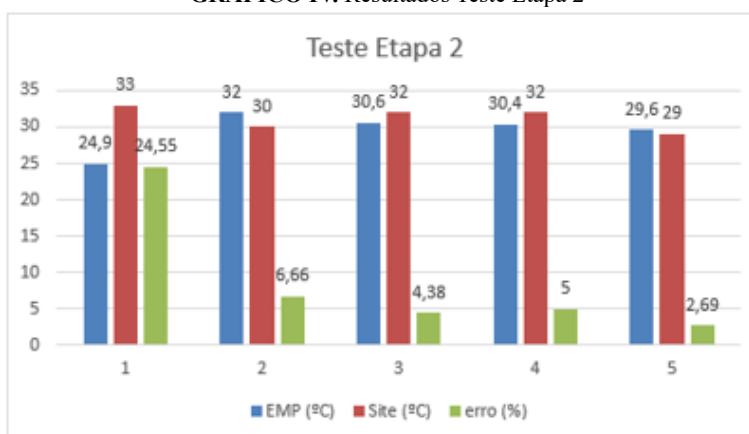
“[...] Se usado para este fim pode facilitar, cativar, estimular e potencializar o aprendizado. O seu uso deve ser estimulado e ensinado ao professorado de Física”. De fato, a medida que os participantes desenvolviam as atividades um mundo de possibilidades para inserção da Física além da sala de aula ficava mais próximo da realidade.

Na subtarefa 2.3 os participantes tiveram a oportunidade de ampliar seus conhecimentos sobre sensores e com isso outras possibilidades de medições de física como no caso a detecção de umidade do solo. Ela não foi disponibilizado o passo a passo dos vídeos tutoriais para a realização da atividade, com isso desejávamos verificar a autonomia e a real sintonia com o objetivo de aprendizado deste nível. Preocupação que ficou evidente na citação de:

P1: “[...] a primeira impressão que surge é a de que vamos queimar algo, visto que não teremos o passo a passo [...]”.

No exercício 2.1 os alunos precisavam analisar o processo realizado cujos resultados estão descritos nos Gráficos IV. Nesta atividade os alunos após a montagem do circuito e programação puderam usar a criatividade para realizar medições em locais que eles consideraram pertinentes e comparar a temperatura medida com o valor de um site sobre clima. Ao fazer a medição, o participante era instruído a pesquisar a temperatura disponibilizada em um site especializado. Posteriormente eles comparavam os valores a partir do erro percentual entre os valores obtidos.

GRÁFICO IV. Resultados Teste Etapa 2



Fonte: Dos autores, (2020).

No exercício 2.2 os alunos foram solicitados a sintetizar todo o experimento e foi o momento onde os participantes puderam avaliar em quais situações podem ser empregado os sensores DHT22 ou o sensor DS18B20. Após um processo de investigação e pesquisa *on line* nas folhas de dados ou *datasheets* desses sensores, eles adquiriram elementos suficientes para julgar com base nas vantagens e desvantagens desses sensores em que condições reais pode ser aplicado cada um desses dispositivos. Um *datasheet* é um arquivo que contém todas as informações sobre o componente eletrônico para o completo entendimento sobre as características técnicas dele. Nessa subtarefa o participante teve a oportunidade de aprender na prática em uma aplicação real, contrapondo a lógica do ensino conceitualista e desconectado da realidade (figura II).

A citação P2 descreve seu ponto de vista sobre a abordagem empregada:

P2: “[...] Como futura professora, gostei muito da metodologia adotada, senti que foi uma construção de conhecimentos e que teve um resultado excelente [...]”.

É pertinente a citação de P3:

P3: “[...] é curioso saber que uma simples placa com um microcontrolador consegue fazer tantas operações ao mesmo tempo.[...]”

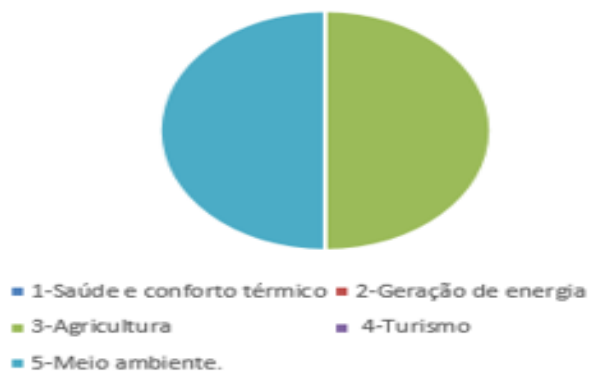


FIGUERA 4. Display da Estação Meteorológica indicando umidade e temperatura do ar. Fonte. Dos autores, (2020)

A citação P3 dialoga com a afirmação de Castro (2016, p.5): “o uso de microcontroladores eletrônicos torna-se uma opção interessante na criação de dispositivos de baixo custo, pois possuem capacidade de medições com precisão adequada e com grande versatilidade de aplicações”.

Na questão 5 os alunos expuseram seus pontos de vista em relação a aplicação no cotidiano de tecnologias com o *Arduino* que contribua para resolver um problema do mundo real. As respostas deles são ricas em detalhes sendo as áreas selecionadas para dissertarem mostrado no Gráfico V. As áreas escolhidas por eles são agricultura e meio ambiente como as principais para aplicação de uma EMD.

GRÁFICO V: Áreas de aplicação
frequência



Fonte: os autores, (2020)

Agora vamos responder os nossos questionamentos iniciais a partir dessas análises de dados.

- O uso do arduino como ferramenta tecnológica e pedagógica potencializa a aprendizagem ativa nos alunos?

Analisando os dados da pesquisa e do roteiro das subtarefas desenvolvidos na sala virtual, avaliamos que o uso do arduino propiciou aos alunos condições favoráveis para a aprendizagem ativa, visto que eles aplicavam constantemente os conceitos de termodinâmica estudado na sala virtual, elaboravam hipóteses, propunham e investigavam soluções para a

criação da estação meteorológica, e estabeleciam relações entre as leis da termodinâmica e a ação concreta do processo. Isso nos leva a acreditar que o que foi vivenciado pelos alunos se insere dentro da proposta do STEAM que é a aprendizagem ativa, desta maneira podemos dizer que o uso do arduino como ferramenta tecnológica e pedagógica potencializou a aprendizagem ativa nos alunos.

- É possível ensinar os componentes curriculares relacionados ao tema Termodinâmica a partir de uma estação meteorológica digital portátil?

Durante a realização da oficina observamos diversas vezes os alunos contextualizando os conteúdos das leis da Termodinâmica para realizarem as tarefas, além disso eles desenvolveram as habilidades de criticidade, cooperação, comunicação, pensamento sistêmico, dessa forma afirmamos que é possível ensinar os componentes curriculares da Termodinâmica, mas também pode ser ensinados outros temas. Observamos que o processo de ensino da Educação STEAM deve ser planejado e os objetivos de aprendizagem precisam estar diretamente relacionados ao desenvolvimento das habilidades. Neste caso afirmamos que sim, é possível ensinar através da construção de uma estação meteorológica os componentes curriculares de Termodinâmica.

- Qual a percepção dos alunos diante do uso do arduino mediado pela Educação STEAM?

Os alunos que participaram da pesquisa eram finalistas do curso de licenciatura em Física em poucos meses estarão aptos a entrar no mercado de trabalho como professores de Física, foi fundamental resumir a impressão deles sobre a utilização da plataforma Arduino mediada pela educação STEAM. É notório enfatizar que eles passaram a conhecer tanto o Arduino quanto a educação STEAM a partir da participação nesta pesquisa.

Todos os alunos foram unânimes em concordar que a aprendizagem foi facilitada com o uso da plataforma de prototipagem Arduino mediada pela educação STEAM. Além do mais, uma característica importante reside no fato dessa plataforma agilizar a obtenção dos valores das grandezas físicas mensuradas, como temperatura do ar, por exemplo, em comparação com obtenção manual. Uma das percepções mais preocupantes e digna de nota está presente na citação do participante A:

“Nós vamos enfrentar um problema muito sério nos próximos anos que é a falta de programadores, não haverá profissionais capacitados para atender as necessidade do mercado de trabalho. Além do mais, os problemas de estudo da Física vão se tornando cada vez mais complexos e um suporte para solucioná-los vem dos profissionais que entendem de Física e de programação ao mesmo tempo e associar às tecnologias atuais. Essa Oficina contribui para mostrar que o ensino de Física precisa ser repensando e alinha com as novas necessidade do século XXI”.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho fundamentou-se nos pressupostos teóricos da educação STEAM mediada pela plataforma de prototipagem eletrônica *Arduino* para montagem, programação e medição de grandezas física a partir a projeção e criação de uma Estação Meteorológica Portátil como forma de potencializar a aprendizagem da Termodinâmica.

Durante as pesquisas de campo experimental, identificamos e acompanhamos as dificuldades dos alunos em entender os conceitos estudados das leis da Termodinâmica, quando são ensinadas na perspectiva abstrata, onde cabe ao aluno imaginar como o fenômeno ocorre e caso esse aluno não tenha os subsunçores necessários para compreensão mínima, então torna-se extremamente difícil para o mesmo entender e muito mais complicado ainda associar as aplicações ao cotidiano. Percebe-se que, além das necessidades de fortalecer os conceitos, se faz necessário mostrar aos alunos as aplicações práticas dessas leis, de preferência usando um recurso de tecnologia que esteja ao alcance de suas mãos e possa até ser levado para sua casa.

Levamos também em consideração os pressupostos da Taxonomia de Bloom Revisada. Os objetivos de Aprendizagem da Taxonomia de Bloom Revisada foram fundamentais para se alcançar passo a passo os níveis de aprendizagem cognitivo e de conhecimento a medida que se avançavam no desenvolvimento das subtarefas da oficina.

A oficina foi concebida inicialmente para a modalidade presencial, mas para que tivesse prosseguimento em meio a pandemia de covid 19 que acomete o mundo, foi necessário adaptá-la para o ensino remoto.

Os resultados também nos proporcionaram um entendimento singular referente a importância em estimular a participação ativa dos alunos. Essa característica ficou evidente e defendemos ter atingido e fomentado um alto nível de protagonismo dos participantes. As subtarefas foram finalizadas dentro do prazo estabelecido pelo esforço deles e pela vontade de aprender e se adaptar às iniciativas educacionais inovadoras e proporcionadas pelo ensino remoto e diluídas nos ambientes virtuais.

Depreendemos também a notória capacidade dos ambientes virtuais de promoverem a aprendizagem bastando para isso o uso de estratégias e preparo dos objetivos de aprendizagem coerentes com a implementação das tecnologias digitais. Nesse sentido, apropriar-se dos fundamentos das tecnologias digitais e de comunicação proporciona ao docente decidir qual melhor estratégia pode ser aplicada para a sua realidade, respeitando as singularidades da escola.

Concluimos que a Educação STEAM aliada a ferramenta tecnológica arduino e projetada com objetivos de aprendizagem claros e que levem ao desenvolvimento de habilidades potencializou a aprendizagem ativa dos futuros docentes de licenciatura em física do IFAM, pois os mesmos ficaram motivados e se empenharam no processo de construção do conhecimento desenvolvendo habilidades e competências almejadas no projeto da Estação Meteorológica Digital Portátil.

REFERENCIAS

BRASIL. Diário oficial da União. portaria nº 544, de 16 de junho de 2020Brasil: 2020. p. 62. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=17/06/2020&jornal=515&pagina=62>. Acesso em: 2 set. 2020.

BRASIL. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. 2002. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf. Acesso em: 22 dez. 2019.

CAMPEIZ, Ana Flávia et al. A. (2017). *Escola na perspectiva de adolescentes da Geração Z*. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322971404_A_escola_na_perspectiva_de_adolescentes_da_Geracao_Z. Acesso em: 31 jul. 2020.

CASTRO, L. H. M. (2016). *De o uso do arduino e do processing no ensino de física*. 181f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <http://www.unirio.br/mnpef/dissertacoes/o-uso-do-arduino-e-do-processing-no-ensino-de-fisica/view>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

COMENIUS, Jan Amos. (2010). *Didática Magna*. 1ªed. Recife: Editora Massangana.

CRESWELL, John W. *Projeto de Pesquisa*. 2ªed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CHANG, Chi Cheng; CHEN, Yiching. (2020). *Using mastery learning theory to develop task-centered hands-on STEM learning of Arduino-based educational robotics: psychomotor performance and perception by a convergent parallel mixed method*. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1741400>. Acesso em: 15 jul. 2020

DAVID MERRILL, M. A. (2007). *Task-centered instructional Strategy*. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782493>. Acesso em: 15 jul. 2020.

KUHN, Thomas S. (2006). *Estrutura revoluções Científicas*. 9ªed. São Paulo: Perspectiva.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. (2003). *Fundamentos da Pesquisa Científica*. 5ªed. São Paulo: Atlas, 2003.

LARKIN, Brenda G.; BURTON, Karen J. (2008). *Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2008.04.020>. Acesso em: 12 maio 2020.

PEREIRA, J. A. (2018). *Um recurso didático para o ensino de energia baseado na plataforma arduino*. 148f. Dissertação (Mestrado). (2018). *Universidade Tecnológica do Paraná. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física*. Ponta Grossa. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3717/1/PG_PPGECT_M_Pereira%2C Janinha Aparecida_2018.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3717/1/PG_PPGECT_M_Pereira%2C%20Janinha%20Aparecida_2018.pdf)>. Acesso em: 27 dez. 2019

RODRIGUES, R. F. (2014). *Arduino como uma ferramenta mediadora no ensino de física*. Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/108542>. Acesso em: 4 jul. 2019.

SANTOS, A A M; AMORIM, H S; DEREZYNSKI, C P. (2016). *Investigação do fenômeno ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduino e de um sítio oficial de meteorologia*. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0143>. Acesso em: 11 jun. 2019.

SOUZA, M. R. DE C. E. (2016). *Contribuições do ensino da física na formação do engenheiro civil*. 143f. Universidade do Estado do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática. Manaus. 2016. Disponível em: <<http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/2603>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

SOUZA, M. R. DE C. E. (2011). *Um novo olhar no ensino de física nos cursos de engenharia na amazônia..* 141f. Universidade do Estado do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências na Amazônia. Manaus. 2011. Disponível em: <<http://www.pos.uea.edu.br/data/area/titulado/download/34-8.PDF>>. Acesso em: 4 jul. 2019.

SOUZA, M.R.DE C; SOUZA, J.G.P E. (2020). *Inovação disruptiva e educação steam, Anais do VII Simpósio LASERA Manaus, 2020*. Universidade do Estado do Amazonas.