



Termodinâmica

Daniel Gomes da Silva^a, Maud Rejane de Castro e Souza^b José Geraldo de Pontes e Souza^c

^aDoutorando em Ensino Tecnológico, Instituto Federal do Amazonas - IFAM

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

^cMestre em Desenvolvimento Regional, docente do Instituto Federal do Amazonas - IFAM

ARTICLE INFO

Recebido: 02 de julho de 2024

Aceito: 31 de agosto de 2014

Disponível on-line: 30 de novembro de 2024

Palavras chave: Termodinâmica, STEAM, Arduino

E-mail:

2023100421@ifam.edu.br

maudsouza1@gmail.com

geraldosouza@ifam.edu.br

ISSN 2007-9842

© 2024 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Teaching Thermodynamics is a real challenge for Physics teachers, due to the set of concepts that support its definitions, properties, and applications. In this context, it is of fundamental importance to monitor experimental activities as a way to apply in practice what is learned in theory. Therefore, the epistemology employed follows the assumptions of Task-Centered Learning (TCL), guided by the Two-Dimensional Bloom's Taxonomy (BBT). The methodology implemented in this research has at its core STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) education with the support of experimental kits developed with the help of the Arduino electronic prototyping platform. This research was applied to students of the Physics Degree course at the Instituto Federal do Amazonas in 2020, at a time of the COVID-19 pandemic. As results, we highlight that ACT favored a learning environment for Thermodynamics concepts from a low-cost Meteorological Station, developed with the Arduino platform.

Ministrar a disciplina de Termodinâmica consiste num verdadeiro desafio para os professores de Física, devido ao conjunto de conceitos que dão sustentação às suas definições, propriedades e aplicações. Nesse contexto, é de fundamental importância o acompanhamento de atividades experimentais como forma de aplicar na prática o que se aprende na teoria. Por isso, a epistemologia empregada segue os pressupostos da Aprendizagem Centrada em Tarefas – (ACT), norteada pela Taxonomia de Bloom Bidimensional – (TBB). A metodologia implementada nesta pesquisa tem em seu bojo a educação STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática) com suporte de kits experimentais desenvolvidos com o auxílio da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. A presente pesquisa foi aplicada com discentes do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Amazonas no ano de 2020, em um momento da pandemia do COVID-19. Como resultados, destacamos que a ACT favoreceu um ambiente de aprendizagem de conceitos de Termodinâmica a partir de uma Estação Meteorológica de baixo custo, desenvolvida com a plataforma Arduino.

I. INTRODUÇÃO

A Termodinâmica é a área da Física que estuda diversos fenômenos e sistemas físicos complexos em que podem ocorrer trocas de calor, transformações de energia e variações de temperatura. Ela é regida por quatro leis, que nos permitem descrever diversos sistemas por meio de variáveis, como pressão, volume, temperatura, calor e entropia.

Ensinar termodinâmica é um processo longo e exige sobretudo nos cursos de licenciatura em Física que utilizemos duas abordagens complementares: a compreensão conceitual e a resolução de problemas, deixando de lado uma mera apresentação de conceitos e equações, para se tornar um processo em que os estudantes estejam motivados, se engajem na construção de seus conhecimentos, investiguem situações, colem dados, construam protótipos e colaborem

em busca de padrões que possam fazer sentido a sua estrutura cognitiva durante o ato de aprender; conseguindo assim ir muito além do óbvio, refletindo e retomando cada ação efetivada em busca do conhecimento que explica o mundo que os cerca (SOUZA e SOUZA, 2020; ROSA e ROSA, 2012).

Porém, a realidade é outra, pois em recente pesquisa foi revelado que seu ensino da Termodinâmica vem sendo realizado de forma descontextualizada usando apenas conceitos, equações, e resolução de exercícios. Cardoso e Raup (2024), relatam em que existem diversos conceitos complexos na termodinâmica, e as dificuldades encontradas pelos docentes na construção de tais conhecimentos são amplamente discutidas na literatura. Frente a isso, percebe-se que há um esforço da comunidade científica e escolar para que exista uma conexão e interdisciplinaridade entre as disciplinas.

Este artigo apresenta primeiramente a Educação STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) que visa o aprendizado integral do conteúdo e o desenvolvimento de habilidades, realizando assim esta conexão. Também apresentamos as inovações implementadas pelo ensino remoto para ensinar Termodinâmica em meio a Pandemia de Covid 19 que assolou o mundo no início do século XXI, em seguida, detalhamos os conteúdos e métodos utilizados em nossa pesquisa, e, por fim, os resultados revelando as dificuldades, a persistência, motivação e o engajamento dos alunos ao executarem uma oficina de forma remota e experimental conseguindo do zero montar uma Estação Meteorológica Digital Portátil.

II. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

A Educação STEAM, cuja didática estimula os alunos a resolverem problemas do mundo real, através da criação de oportunidades com base na inovação, foi amplamente utilizada em nossa pesquisa. Um dos objetivos dela é o desenvolvimento da criatividade como uma estratégia didática, para que sua capacidade de correlacionar saberes, aumente os subsunçores, amplie a capacidade de imaginar e expandir idéias originais e ganhe autoconfiança para realizar sozinho as tarefas, resolver problemas e acreditar que seja capaz de solucionar os desafios que lhe serão impostos ao longo de toda sua vida. O conjunto desenvolvido da capacidade artística do aluno o faz mais otimista e libera sua capacidade de se arriscar e inovar em qualquer campo do conhecimento (THIBAUT et al., 2018).

Em nossa pesquisa integramos o STEAM, ao Aprendizado Centrado em Tarefas - Aprendizado Prático – *Hands on*, a Avaliação como parte da Instrução e as Habilidades para o Século XXI. Todos esses princípios estão enraizados em uma visão construtivista social sobre a aprendizagem (THIBAUT et al., 2018), conforme a figura 1.



FIGURA 1. Estrutura teórica do STEAM. Adaptado de (THIBAUT et al., 2018).

Nesse contexto lançamos mão do desenho instrucional da Aprendizagem Centrada em Tarefas – ACT, onde nossa intenção era que os alunos envolvidos no processo de investigação se apropriassem do conhecimento almejado e habilidades psicomotoras da tarefa com o intuito de melhorar o desempenho da aprendizagem. Os professores participaram desse processo com a disponibilização de demonstrações das tarefas de diversas formas e sempre estimulando o aluno a aprender por observação e imitação. Com isso, eles se ambientaram 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).

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 em nosso processo de investigação foi a criação 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).

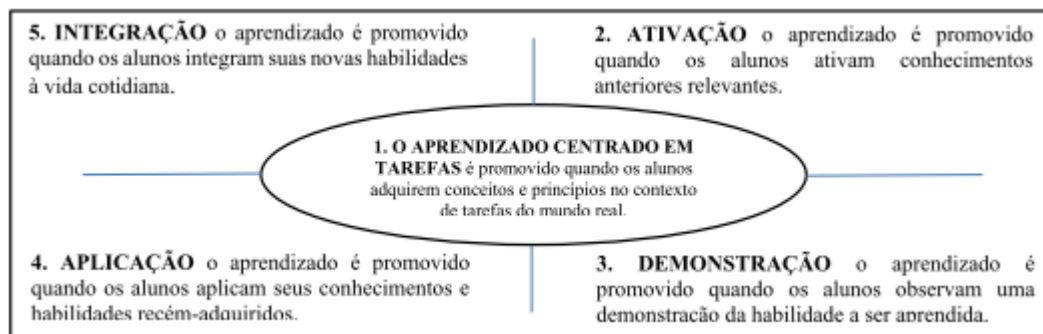


FIGURA 2. Princípios da instrução ACT. Adaptado de (MERRILL, 2007).

Para que o processo de ensino-aprendizagem fosse eficiente precisávamos de definições claras na organização dos objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos alunos ao final de cada oficina, como por exemplo os níveis da dimensão cognitiva da Taxonomia de Bloom de 1956 e a revisada de 2001.

De fato, a aprendizagem sólida e permanente só pode ser alcançada a partir da definição clara e estruturada dos objetivos de aprendizagem. Assim sendo, a concepção linear da dimensão cognitiva é justificada, em outras palavras: após conhecer um determinado assunto alguém poderá compreendê-lo para depois aplicá-lo, por exemplo. A organização hierárquica dos processos cognitivos de acordo com níveis de complexidade e objetivos do desenvolvimento cognitivo desejado e planejado como mostra o quadro 01.

NÍVEIS	OBJETIVOS
1. Conhecer	Produzir a informação proveniente da memória ou conhecer Verbos: reconhecer, reproduzir, escrever, listar, nomear, rotular, dizer e definir.
2. Compreender	Estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento pré-requisito. O entendimento ocorre quando o conhecimento é traduzido em outra linguagem. Verbos: Interpretar, parafrasear, exemplificar, explicar, resumir, inferir, comparar, descrever e ilustrar.
3. Aplicar	Executar ou usar um procedimento numa situação concreta que pode ou não ser nova. Verbos: Executar, implementar, usar, computar, resolver, demonstrar e construir.
4. Analisar	Fragmentar a informação de um conjunto complexo em partes pequenas, a fim de verificar como se correlacionam no todo. Verbos: categorizar, classificar, comparar, separar, organizar, diferencial, atribuir, concluir e correlacionar.
5. Avaliar	Realizar julgamento baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia. Verbos: criticar, checar, julgar, recomendar, justificar e defender.
6. Criar	Envolve o desenvolvimento de propostas novas e originais, partindo da reunião de dados. Verbos: planejar, generalizar, elaborar hipóteses, inventar, desenvolver e produzir.

Quadro 01. Níveis cognitivos da Taxonomia de Bloom Revisada. Fonte: (PEREIRA, 2018)

A Taxonomia de Bloom revisada contempla também a dimensão do conhecimento. Nela há 4 (quatro) subcategorias do conhecimento efetivo ou factual ao mais avançado que compreende a metacognição (Quadro 02). Nos últimos anos a metacognição vem adquirindo relevante importância no meio educacional, sendo apontada como um dos suportes ao aprendizado autônomo. Por isso, ela possibilita uma facilitação da implementação de novas tecnologias no meio educacional e até mesmo de ensino remoto ou educação à distância (LARKIN; BURTON, 2008).

NÍVEIS	OBJETIVOS
1. Conhecimento Efetivo/ Factual	Relacionado ao conteúdo básico que o discente deve dominar a fim de que consiga realizar e resolver problemas apoiados nesse conhecimento. Relacionado aos fatos que não precisam ser entendidos ou combinados, apenas reproduzidos como apresentados.
2. Conhecimento Conceitual	Relacionado à inter-relação dos elementos básicos num contexto mais elaborado que os discentes seriam capazes de descobrir. Elementos mais simples foram abordados e agora precisam ser conectados. Esquemas, estruturas e modelos foram organizados e explicados. Nessa fase, não é a aplicação de um modelo que é importante, mas a consciência de sua existência.
3. Conhecimento Procedimental/Procedural	Relacionado ao conhecimento de “como realizar alguma coisa” utilizando métodos, critérios, algoritmos e técnicas. Nesse momento, o conhecimento abstrato começa a ser estimulado, mas dentro de um contexto único e não interdisciplinar.
4. Conhecimento Metacognitivo	Relacionado ao reconhecimento da cognição em geral e da consciência da amplitude e profundidade de conhecimento adquirido de um determinado conteúdo. Em contraste com o conhecimento procedural, esse conhecimento é relacionado à interdisciplinaridade. A ideia principal é utilizar conhecimento previamente assimilados (interdisciplinares) para resolução de problemas e/ou a escolha do melhor método, teoria ou estrutura.

Quadro 02. Dimensão conhecimento da Taxonomia de Bloom Revisada. Fonte: (PEREIRA, 2018)

Para abordar uma postura prática com o STEAM, é fundamental que o professor tenha conhecimento de materiais de baixo custo principalmente referente à componentes relativos aos recursos tecnológicos. Por conseguinte, uma alternativa viável é a adoção de ferramentas tecnológicas com características *open source* (com código aberto). A plataforma de prototipagem eletrônica Arduino passa a ser um precioso recurso nessa conjuntura. Com a definição das duas dimensões contempladas, cognitiva e de conhecimento, a Taxonomia de Bloom revisada apresenta um caráter de uma tabela bidimensional. Como consequência, esse instrumento didático pedagógico foi concebido para melhor estruturar os objetivos educacionais, as competências e habilidades almejadas no processo.

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* (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. A figura 3, apresenta uma aplicação com a plataforma Arduino Nano para detecção da chuva e apresentação dos dados medidos no Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino ou IDE em inglês.

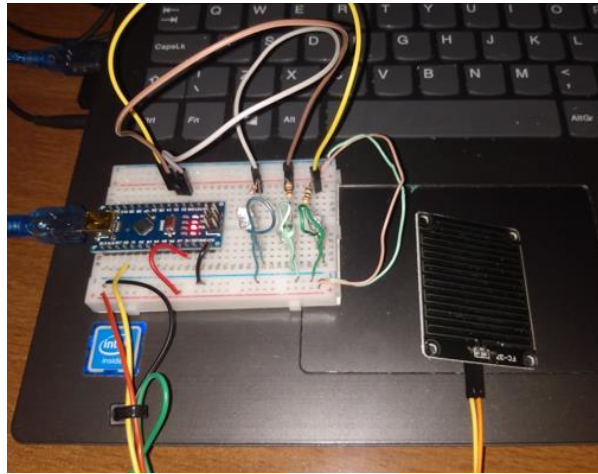


FIGURA 3. Circuito para detecção da chuva. Fonte: dos autores (2020).

Nossa fundamentação teórica apresentou as principais ideias sobre alguns conceitos de Termodinâmica empregados no bojo da nossa intervenção pedagógica. Além do mais, colocamos os principais elementos que serviram de apoio para nosso trabalho, contemplando majoritariamente: a Educação STEAM, a estratégia instrucional da Aprendizagem Centrada em Tarefas, a Taxonomia de Bloom Estendida e as ideias centrais acerca do microcontrolador Arduino.

Nossos alunos, docentes em formação inicial, já conheciam os conceitos como calor, energia e trabalho, tendo assim subsunçores para solucionar questões e problemas envolvendo aquecimento global, elevação da temperatura dos oceanos, alternativas para a geração de energia, entre outras.

Para entendermos fenômenos ambientais como nosso clima, foi de fundamental importância revisarmos conceitos de temperatura e a tecnologia desenvolvida para mensurar essa grandeza física. Pois esse conhecimento habilitaria a compreender o comportamento envolvido na mudança de fases e os valores de temperaturas associados necessários para o desenvolvimento da pesquisa realizada nas oficinas.

Nesse contexto, a lei zero da Termodinâmica conforme Walker (2009, p.184) é enunciada como “Se dois corpos A e B estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo T, A e B estão em equilíbrio térmico entre si.”. A partir desse excerto, depreendemos que todo corpo possui uma temperatura intrínseca e se há dois corpos em equilíbrio térmico, suas temperaturas são idênticas.

Além do conceito de temperatura, conceitos importantes como calor, tal qual seja um tipo de energia transmitida entre um sistema macroscópico (sejam sólidos, líquidos ou gasosos) e sua vizinhança (o que está ao redor desse sistema). Temos também o conceito de trabalho, que consiste da energia transferida a partir de uma interação mecânica (KNIGHT, 2009). Lançando mão principalmente desses conceitos, podemos compreender por exemplo os mecanismos de transferência de calor, tais quais a condução, a convecção, a radiação e com isso adquirir subsídios para entender o comportamento do clima.

Observamos que os futuros docentes, apesar de estarem na fase final do seu curso de graduação não conheciam a Educação STEAM que serviu de subsídio para esta pesquisa.

III. METODOLOGIA

Os participantes da nossa pesquisa foram os professores em formação inicial de uma turma composta por 10 (dez) alunos do 7º (sétimo) período do curso de Licenciatura Plena em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, que estavam estudando no primeiro semestre do ano de 2020 os conteúdos da disciplina de Termodinâmica Estatística. A disciplina possui uma carga horária de 60 (sessenta) horas distribuída em 4

(quatro) horas por semana. Ela teve início em fevereiro de 2020 de forma presencial. Devido a pandemia do COVID-19, as aulas foram substituídas pelo formato de ensino remoto.

Nossa composição de dados inicialmente foi obtida a partir dos comentários dos participantes registrados na sala de aula virtual do google classroom e no grupo de *whatsapp*, bem como a partir das imagens da montagem dos circuitos após a realização de cada sub tarefa. 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*.

As atividades desenvolvidas pelos participantes, as respostas dos questionários e instrumentos contribuíram para a obtenção de dados qualitativos. As informações foram alcançadas inicialmente com a anotação dos comentários postados por eles na sala de aula virtual e pelo *whatsapp* no percurso de desenvolvimento das subtarefas. Nossa fundamentação teórica apresenta as principais ideias sobre alguns conceitos de Termodinâmica empregados no bojo da nossa intervenção pedagógica.

O processo de intervenção da nossa pesquisa foi realizado em formato de oficina virtual, o que na época era totalmente inovador, lançamos mão de recursos educacionais bem como tecnologias de informação e comunicação digital. Esses ajustes foram para nós pesquisadores, um verdadeiro desafio no sentido de que há uma grande diferença entre uma implementação presencial e a realidade das atividades remotas.

No ensino remoto, a figura do professor adquire outro significado, pois passa a ter novas possibilidades de atuação. Entre as principais podemos citar a preparação da sala virtual, gravação de vídeos tutoriais, atuações envolvendo as frequentes dúvidas dos alunos, lives, as aulas *on-line*, disponibilização de trabalhos via Skype, entre outros. Percebemos com isso a amplitude do papel do professor e sua efetiva participação no processo de ensino e aprendizado dos alunos (MACHADO; CORDEIRO; SANTOS, 2020).

Nossa oficina virtual intitulada “A Educação STEAM e a Aprendizagem da Física”, foi dividida em duas partes, num total de sete tarefas, que denominamos de subtarefas. Partindo das subtarefas específicas até chegar ao objetivo final que foi a criação de uma Estação Meteorológica Digital Portátil - EMDP, onde os alunos realmente colocaram a mão na massa e fizeram passo a passo as tarefas, ficaram motivados estudando e aplicando as leis da termodinâmica, a partir do norteamento obtido pela Educação STEAM.

Antes de iniciarmos esse processo pratico, os alunos receberam dos pesquisadores em suas casas todo o material para montar a EMDP, visto que estávamos no auge da pandemia do Covid-19 e todos se encontravam de quarentena devido ao processo do lockdown.

Planejamos a oficina com a Integração das disciplinas STEAM que foram desenvolvidas por meio de atividades de ensino imersivas aplicadas ao mundo real, levando em consideração as exigências explanadas pelos autores que embasaram nossa pesquisa Felder e Brent; Thibaut; Stewart et al, sobre a exigência da educação STEAM:

✓ O foco no processo de aprendizagem no aluno, que constrói e reconstrói conhecimentos por meio de sua participação ativa na resolução de problemas.

✓ Integração dos componentes inter e transdisciplinares.

✓ Desenvolvimento do progresso do aluno em fases.

✓ Organização e apresentação do material didático em etapas.

✓ Atividades práticas, *feedback* e revisão do processo.

✓ Promoção de trabalho colaborativo facilitando o aprendizado e a motivação.

✓ Promoção da aprendizagem influenciada por fatores motivacionais e contextuais.

Durante as atividades práticas, sempre nos comunicamos com os alunos, a fim de obtermos *feedback*, também revisamos o processo constantemente, facilitando assim não só a promoção de trabalho colaborativo, como o aprendizado ativo e a motivação dos alunos.

A oficina foi composta em 2 etapas: a etapa 1, distribuída em 3 (três) 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 etapa 2 foi estruturada em 5 subtarefas, que foram projetadas para desenvolver habilidades e competências envolvendo o conteúdo de Termodinâmica e a construção da Estação Meteorológica. Para esta etapa projetamos atividades que levassem os alunos à aprendizagem ativa dos conteúdos de Termodinâmica desenvolvendo habilidades e aplicação prática do que foi ensinado na etapa 1, relativo ao Arduino: a verificação e o funcionamento de sensores para o monitoramento da umidade relativa do ar e temperatura, detecção de chuva, da umidade do solo, velocidade do vento, potenciômetro e *push button*. O quadro 3 descreve as etapas e o que foi implementado na subtarefa.

NÍVEIS	OBJETIVOS
1. Conhecimento Efetivo/ Factual	Relacionado ao conteúdo básico que o discente deve dominar a fim de que consiga realizar e resolver problemas apoiados nesse conhecimento. Relacionado aos fatos que não precisam ser entendidos ou combinados, apenas reproduzidos como apresentados.
2. Conhecimento Conceitual	Relacionado à inter-relação dos elementos básicos num contexto mais elaborado que os discentes seriam capazes de descobrir. Elementos mais simples foram abordados e agora precisam ser conectados. Esquemas, estruturas e modelos foram organizados e explicados. Nessa fase, não é a aplicação de um modelo que é importante, mas a consciência de sua existência.
3. Conhecimento Procedimental/Procedural	Relacionado ao conhecimento de “como realizar alguma coisa” utilizando métodos, critérios, algoritmos e técnicas. Nesse momento, o conhecimento abstrato começa a ser estimulado, mas dentro de um contexto único e não interdisciplinar.
4. Conhecimento Metacognitivo	Relacionado ao reconhecimento da cognição em geral e da consciência da amplitude e profundidade de conhecimento adquirido de um determinado conteúdo. Em contraste com o conhecimento procedural, esse conhecimento é relacionado à interdisciplinaridade. A ideia principal é utilizar conhecimento previamente assimilados (interdisciplinares) para resolução de problemas e/ou a escolha do melhor método, teoria ou estrutura.

Quadro 03. Etapas da oficina. Fonte: dos autores (2019).

Na oficina realizada na modalidade de ensino remoto, utilizamos atividades síncronas e assíncronas. As atividades síncronas são definidas como aquela em que há a interação em tempo real entre o pesquisador e os participantes como nas videoconferências, por exemplo. As atividades assíncronas dizem respeito a atividades em que os alunos podem fazer no momento mais oportuno para eles, como por exemplo, a resolução de uma lista de exercícios ou mensagens na sala de aula virtual.

Item	Componente	Descrição	Quantidade
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 d'água	1
10	FD-10	Sensor Nível de água	1
11	CAIXA PATOLA	Mod. 114/2 Cor preta com tampa 38x97x148 mm	1
12	μ <i>Pushbutton</i>	2 terminais	1

13	Potenciômetro	10k Ω 3 pinos filme de carbono	1
14	μ SDCARD	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 Digital 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	10k Ω \pm 5% 1/4W	3
22	Resistor	330 Ω \pm 5% 1/4W	3
23	Resistor	4,7k Ω \pm 5% 1/4W	3
24	<i>Protoboard</i>	400 furos	1
25	<i>Case</i>	Com 12 divisórias e tampa	1

Quadro 04. Lista de matérias. Fonte: dos autores (2019).

Nas subtarefas, eles experienciaram o contato teórico e prático de componentes eletrônicos como resistores, potenciômetros, LED's, jumpers, LDR, *push button*, disponibilizados em kit's para o desenvolvimento das atividades sejam teóricas, sejam práticas, tal qual verificamos no quadro 4.

Os materiais foram organizados em cases de plásticos e entregue aos participantes, conforme podemos verificar na figura 4.



FIGURA 4. Organização dos componentes em cases. Fonte: dos autores (2020).

IV. RESULTADOS

Esta seção visa descrever os resultados dos dados e apresentar o alcance dos objetivos de aprendizagem a partir dos pressupostos da Aprendizagem Centrada em Tarefas alinhada à Taxonomia de Bloom Revisada. Os resultados são apresentados em forma de dados quantitativos elementares, mas permeados de informações qualitativas. Além do que, nossos resultados levaram em consideração as questões iniciais desta pesquisa a saber:

- O uso do Arduino como ferramenta tecnológica e pedagógica potencializa a aprendizagem ativa dos alunos?

Analisando os dados da pesquisa e do roteiro das subtarefas desenvolvidos na sala virtual, avaliamos que a Educação STEAM 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 da criação de uma EMDP?

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, pois a construção da EMDP eles precisavam compreender o sistema na totalidade e os processos que o formavam; 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 a serem adquiridas. Neste caso afirmamos que sim, é possível ensinar através da construção de uma estação meteorológica os componentes curriculares de Termodinâmica

- Qual a visão dos alunos diante dessa ferramenta mediada pela Educação STEAM?

Os alunos que participaram da pesquisa eram finalistas do curso de licenciatura em Física em poucos meses estariam aptos a entrar no mercado de trabalho como docentes, 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 a abordagem STEAM e o uso da plataforma de prototipagem. Além do mais, uma característica importante reside no fato dessa plataforma agilizar a obtenção dos valores das grandezas físicas mensuradas, como temperatura do ar, luminosidade, precipitação, por exemplo, em comparação com obtenção manual.

V. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa discorremos sobre uma intervenção pedagógica que abordou conteúdos da Termodinâmica mediados pela Educação STEAM, através de uma oficina virtual, composta de 8 tarefas organizadas de modo sistemático e níveis de complexidade diferentes, tendo como fechamento a construção de uma Estação Meteorológica Digital Portátil controlada pelo Arduino.

A pesquisa que teve início em 2019, e foi aplicada aos alunos de licenciatura em Física do IFAM, tendo como finalidade resolver o seguinte problema: como a educação STEAM mediada pelo Arduino integrada à formação inicial dos professores de Física potencializa o processo de aprendizagem prática da Termodinâmica?

Encontramos em Felder e Brent, Stewart, Comenius, Thibaut, Anderson e Merrill, subsídios necessários para planejarmos e implementarmos nossa pesquisa e utilizamos a aprendizagem baseada em tarefas, visando alcançar os objetivos propostos para essa investigação.

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.

De todo o esforço empregado no desenvolvimento desta dissertação somos otimistas o suficiente para acreditarmos que uma educação de qualidade, agradável e estimulante para o aluno principalmente no ensino de Física é possível apesar das adversidades. Porém, para que isso se torne uma realidade precisamos de uma variedade de fatores, e aqui destacaremos a formação inicial com abordagem de aprendizagem ativa e tecnologias digitais. O ensino da física nas escolas precisa ser direcionado neste sentido afim de tornar o aprendizado ativo e coerente com a realidade do século XXI.

REFERENCIAS

- CHANG C. C., CHEN, Y. (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*. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10494820.2020.1741400?journalCode=nile20>>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- COMENIUS J. A. (2010). *Didática Magna*. 1ª ed. Recife: Editora Massangana.
- MERRILL D. M., *A task-centered instructional Strategy*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/271755915_A_Task-Centered_Instructional_Strategy>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- FELDER R. M., BRENT R. (2016). *Teaching and learning stem a practical guide*. 1ª ed. São Francisco: Jossey-Bass.
- KNIGHT R. D. (2009). *Termodinâmica e Óptica*. 2ª ed. California: Bookman.
- LARKIN B. G., BURTON K. J., *Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais*. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-530X2010000200015&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 maio. 2020.
- MACHADO D. P., CORDEIRO G., DO SANTOS, R. E. O. (2020). *Formação de professores em diferentes cenários*. 1. ed. Curitiba: Dialética e Realidade.
- PEREIRA T. Q. *Aplicação da metodologia de taxonomia de Bloom revisada no ensino de física a partir da análise de dados de estações meteorológicas*. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/194613>>. Acesso em: 2 out. 2020.
- RUBIM JUNIOR J. R., *Microcontrolador Arduino no ensino de Física : Proposta e aplicação de uma situação de aprendizagem sobre o tema Luz e Cor*. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/7274>>. Acesso em: 4 jul. 2019.
- SANTOS A. A. M., AMORIM, H. S., DERECZYNSKI, C. P., *Investigação do fenômeno ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduino e de um sítio oficial de meteorologia*. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172017000100605&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 11 jun. 2019.
- SOUZA M. R. DE C. E., *Um novo olhar no ensino de física nos cursos de engenharia na Amazônia*. Disponível em: <<http://www.pos.uea.edu.br/data/area/titulado/download/34-8.PDF>>. Acesso em: 4 jul. 2019.
- SRIKOOM W., FAIKHAMTA C., HANUSCIN D. L., *Dimensions of Effective STEM Integrated Teaching Practice*. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f70e/61c9196d3af8ae6990753d12ecbc4c0ea758.pdf?_ga=2.194362734.2132636689.1570570157-155469691.1570570157>. Acesso em: 8 out. 2019.
- STEWART Et al. (2019). *Converting STEM into STEAM Programs Methods and Examples from and for education*. Springer. Ebook.
- THIBAUT L. et al., *Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education*. Disponível em: <<https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>>. Acesso em: 8 out. 2019.
- WALKER J. (2009). *Gravitação, Ondas e Termodinâmica*. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC.
- WATSON A. D., WATSON G. H., *Transitioning STEM to STEAM: Reformation of engineering education*. Disponível em: <www.asq.org/pub/jqp%0Ahttp://rube.asq.org/quality-participation/2013/10/bonus-article-transitioning-stem-to-steam-reformation-of-engineering-education.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.