

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

FELIPPE FERNANDES DA SILVA

MannaKDT: Uma abordagem prática para aprendizagem multimodal e
multidimensional da Educação 5.0

Maringá
2022

FELIPPE FERNANDES DA SILVA

MannaKDT: Uma abordagem prática para aprendizagem multimodal e multidimensional da Educação 5.0

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Departamento de Informática, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Linnyer Beatrys Ruiz Aylon.

Maringá
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586m

Silva, Felipe Fernandes da

MannaKDT : uma abordagem prática para aprendizagem multimodal e multidimensional da educação 5.0 / Felipe Fernandes da Silva. -- Maringá, PR, 2022.
111 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Linnyer Beatrys Ruiz Aylon.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Informática, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2022.

1. Educação 5.0. 2. Robótica. 3. Kits educacionais. 4. *Internet Of Things* (IoT). 5. Pensamento computacional. I. Aylon, Linnyer Beatrys Ruiz , orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Informática. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDD 23.ed. 371.33

FOLHA DE APROVAÇÃO

FELIPPE FERNANDES DA SILVA

MannaKDT: uma abordagem prática para aprendizagem multimodal e multidimensional da educação 5.0

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Departamento de Informática, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação pela Banca Examinadora composta pelos membros:

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Linnyer Beatrys Ruiz Aylon
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM

p/ 

Prof. Dr. Rodrigo Calvo
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM

p 

Profa. Dra. Juliana Verga Shirabayashi
Universidade Federal do Paraná – UFPR-JS

Aprovada em: 30 de maio de 2022.

Local da defesa: Sala virtual

<https://meet.google.com/ser-duke-xfy>.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, pai e irmão pelo apoio e suporte durante esta caminhada. O sacrifício e os conselhos foram de extrema importância para que a trajetória se tornasse completa. Se estou onde estou, tudo é graças ao incentivo e esforço de vocês.

Agradeço à minha orientadora e amiga, Professora Doutora Linnyer Beatrys Ruiz Aylon, por acreditar no meu trabalho e me ceder a oportunidade de cursar esse mestrado. Sua orientação não é apenas acadêmica, vai muito além disso. É humana. Deixo aqui todo meu respeito e admiração por você, minha amiga.

Agradeço aos amigos que me apoiaram durante essa trajetória, Alan, Allan, Alisson, Jonatas, Jonathan, Luis e Rodolfo por todos os conselhos e aprendizagens ofertadas.

Agradeço aos meus colegas de mestrado que caminharam junto à mim nesse período, em especial aos meus amigos Juliano e Simone, que foram os presentes que o mestrado me trouxe.

Agradeço em especial a Lorena, por sua paciência e compreensão, incentivo e companheirismo e por ser uma parceira e ótima ouvinte nos momentos difíceis.

Agradeço aos demais professores do Departamento de Informática e do Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação da UEM, pelos ensinamentos que ficarão guardados.

Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento deste trabalho de mestrado.

MannaKDT: Uma abordagem prática para aprendizagem multimodal e multidimensional da Educação 5.0

RESUMO

A pandemia de COVID-19 afetou diversas áreas da sociedade ao longo dos anos de 2020 e 2021. Uma dessas áreas foi a educação, mais precisamente, as metodologias de ensino no âmbito presencial. A difusão de conhecimento em áreas como STEAM (acrônimo de Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) foi comprometida. Visto que essa modalidade de ensino foi, em grande parte, suspensa, uma série de questões de pesquisa emergiram. Tais questões são elencadas a seguir: (i) como auxiliar um aluno em processo de aprendizagem remoto?; (ii) como transmitir conhecimento sem estar dentro de uma sala de aula?; (iii) como viabilizar o acesso a educação remota?; (iv) como integrar o aluno ao cenário pós-pandemia, unindo as modalidades de ensino remota e presencial? Diante disso, buscando soluções para tais questões, este trabalho propõe uma metodologia para viabilizar o ensino e a difusão do conhecimento em espaços de aprendizagem informal (e.g., em domicílio) ou semiformal (e.g., contraturno escolar, empresas, maker spaces), promovendo uma nova forma de ampliar e melhorar as relações com o conhecimento e com atenção as diferenças entre os alunos. Para alcançar esse objetivo esta pesquisa desenvolveu uma abordagem prática na educação 5.0 que contém a criação do ambiente de ensino, a aplicação de kits de eletrônica, robótica e IoT e a aplicação de pré e pós-testes avaliativos. A preparação para o ambiente contém uma abordagem multimodal visual, auditiva e cinestésica e que também envolve a abordagem presencial, online e híbrida. Em seguida foram utilizados dois kits educacionais desenvolvidos pelo grupo Manna que busca difundir conhecimento sobre eletrônica, robótica e IoT. Esses kits são chamados de MannaVolt (eletrônica) e MannaIno (robótica e IoT). Os alunos foram expostos a aulas remotas, vídeo-aulas e praticaram presencialmente a montagem de circuitos. Para avaliar a evolução da aprendizagem e o conhecimento obtido do aluno, foram desenvolvidos pré e pós-testes que verificam o desenvolvimento do pensamento crítico e cognitivo do aluno. Com os resultados obtidos, constatou-se que a aplicação dos cursos, juntamente com a criação do ambiente multimodal, auxiliou no despertar do interesse do aluno em áreas tecnológicas em meio a pandemia, além da compreensão, raciocínio lógico e pensamento crítico e computacional do aluno.

Palavras-chave: Educação 5.0. Eletrônica. Kits Educacionais. IoT. Metodologias Ativas. Pensamento Computacional. Robótica. Softskills.

MannaKDT: A practical approach to multimodal and multidimensional learning in Education 5.0

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic affected several areas of society over the years 2020 and 2021. One of these areas was education, precisely, teaching methodologies in the face-to-face environment. The diffusion of knowledge in areas such as STEAM (acronym for Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) was compromised. As this teaching modality was largely suspended, a number of research questions emerged. Such issues are listed below: (i) how to help a student in the remote learning process?; (ii) how to transmit knowledge without being inside a classroom?; (iii) how to enable access to remote education?; (iv) how to integrate the student into the post-pandemic scenario, combining the modalities of remote and face-to-face teaching? Therefore, seeking solutions to such questions, this work proposes a methodology to enable the teaching and dissemination of knowledge in informal learning spaces (e.g., at home) or semi-formal (e.g., after school hours, companies, maker spaces), promoting a new way of expanding and improving relationships with knowledge and paying attention to differences between students. To achieve this objective, this research developed a practical approach in education 5.0 that contains the creation of the teaching environment, the application of electronics, robotics and IoT kits and the application of pre- and post-evaluative tests. Preparing for the environment contains a multimodal visual, auditory and kinesthetic approach that also involves face-to-face, online and hybrid approaches. Then, two educational kits developed by the Manna group were used, which seeks to spread knowledge about electronics, robotics and IoT. These kits are called MannaVolt (electronics) and MannaIno (robotics and IoT). The students were exposed to remote classes, video classes and face-to-face practice in building circuits. To assess the evolution of learning and the knowledge obtained from the student, pre- and post-tests were developed to verify the development of the student's critical and cognitive thinking. With the results obtained, it was found that the application of the courses, together with the creation of the multimodal environment, helped to awaken the student's interest in technological areas in the midst of the pandemic, in addition to the understanding, logical reasoning and critical and computational thinking of the student.

Keywords: Education 5.0. Electronics. Educational Kits. IoT. Active Learning. Computational Thinking. Robotics. Softskills.

LISTA DE FIGURAS

Figura - 2.1	Modelo proposto pela SBC que exemplifica os ramos da computação.	27
Figura - 2.2	Exemplos de respostas classificadas nos níveis SOLO.	43
Figura - 3.1	Gráfico de avaliação dos exercícios.	49
Figura - 3.2	Gráfico de dificuldade dos problemas.	50
Figura - 3.3	Gráfico de avaliação de interesse do aluno.	51
Figura - 4.1	Marmita <i>delivery</i> MannaIno entregue aos participantes.	56
Figura - 4.2	Árvore de Avaliação.	64
Figura - 5.1	Exemplo de estrutura a ser aplicada em qualquer caso de estudo.	69
Figura - 6.1	Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A1-CM.	75
Figura - 6.2	Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A2-CM.	76
Figura - 6.3	Análise de Respostas Pré-Teste das alunas da cidade de Cianorte.	77
Figura - 6.4	Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A1-MGA.	78
Figura - 6.5	Análise de Respostas Pós-Teste da aluna A1-CM.	79
Figura - 6.6	Análise de Respostas Pós-Teste da aluna A3-CIA.	81
Figura - 6.7	Análise de acertos pré-teste e pós-teste.	82
Figura - 6.8	Análise de Respostas Pré-teste dos alunos A3-CM e A4-CM. . . .	83
Figura - 6.9	Análise de Respostas Pré-teste dos alunos A4-CIA e A6-CIA. . .	84
Figura - 6.10	Análise de Respostas Pré-teste do aluno A5-CIA.	84
Figura - 6.11	Análise de Respostas Pré e pós-teste da segunda aplicação. . . .	86
Figura - 6.12	Análise de Respostas Pré e pós-teste de todos os alunos do MannaVolt.	87
Figura - 6.13	Desafio I - LED piscando.	90
Figura - 6.14	Desafio II - Sensor de temperatura e umidade.	91
Figura - 6.15	Desafio III - Sensor sonoro.	92
Figura - 6.16	Desafio IV - <i>Buzzer</i>	93
Figura - 6.17	Desafio V - Sensor LDR.	94
Figura - 6.18	Pontuação da questão 1 - Taxonomia SOLO.	97
Figura - 6.19	Pontuação da questão 2 - Taxonomia SOLO.	98
Figura - 6.20	Pontuação da questão 3 - Taxonomia SOLO.	99
Figura - 6.21	Pontuação da questão 4 - Taxonomia SOLO.	100
Figura - 6.22	Total da pontuação de cada aluno no questionário SOLO.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela - 4.1	Componentes MannaVolt.	55
Tabela - 4.2	Componentes MannaIno.	56
Tabela - 4.3	Questões do segundo teste envolvendo Taxonomia de Bloom.	62
Tabela - 4.4	Tabela de respostas da taxonomia SOLO.	64
Tabela - 4.5	Questões da Taxonomia SOLO.	65
Tabela - 7.1	Possíveis publicações relacionadas à este trabalho.	105

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

CNE: Conselho Nacional de Educação

CSTA: Computer Science Teachers Association

DCEB: Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica

DIY: Do It Yourself

IoT: Internet Of Things

ISTE: International Society for Technology in Education

LGPD: Lei Geral de Proteção de Dados

ONU: Organizações das Nações Unidas

MEC: Ministério da Educação

NSF: National Science Foundation

SBC: Sociedade Brasileira de Computação

SOLO: Structured Observed Learning Outcomes

STEAM: Science, Technology, Engineering, Arts and Math

TFCT: The Foundation of Critical Thinking

VARK: Visual, Aural, Read/write, Kinesthetic

WEF: World Economic Forum

SUMÁRIO

1	Introdução	11
2	Tecnologia como Ferramenta de Ensino	17
2.1	A educação em tempos de pandemia	17
2.2	Um esboço sobre o trabalho do Ecosistema Manna	20
2.3	Uma breve introdução à Educação 5.0	22
2.4	A Base Nacional Comum Curricular	24
2.5	O futuro do trabalho	25
2.6	Pensamento Computacional	26
2.7	Pensamento Crítico	27
2.8	Metodologias Ativas	29
2.8.1	Cultura Maker	30
2.8.2	Dividir para Conquistar	33
2.8.3	Aprendizagem Baseada em Problemas	34
2.8.4	Sala de Aula Invertida	35
2.8.5	Estudo de Caso	35
2.8.6	Gamificação	36
2.8.7	Aprendizagem Baseada em Times	36
2.8.8	Peer Instruction	37
2.9	Kits de tecnologia	38
2.10	Monitoramento do processo de aprendizagem: Como medir?	39
2.10.1	VARK	40
2.10.2	Taxonomia de Bloom	41
2.10.3	Taxonomia SOLO	42
2.10.4	Taxonomia de Ennis	44
3	Pensamento computacional aplicado	45
3.1	Validação e Resultados	47
3.2	Impacto na vida do aluno	51
4	MannaKDT: Uma abordagem prática da Educação 5.0	53
4.1	Iniciativas e trabalhos do grupo Manna	53
4.1.1	MannaVolt	54
4.1.2	MannaIno	55
4.1.3	Manna_Acessibilidade	57

4.1.4	Manna Meninas	57
4.1.5	Manna Maker	58
4.2	Preparação do ambiente	59
4.2.1	Abordagem Multimodal: visual, auditivo e cinestésico	59
4.2.2	Abordagem Multimodal: presencial, online e híbrido	61
4.3	Pré e Pós-Teste	62
5	Metodologia Experimental	66
5.1	Seleção de Metodologias Ativas	66
5.2	Aplicação	68
6	Resultados	74
6.1	Resultados da Primeira Aplicação	74
6.2	Resultados da Segunda Aplicação	102
7	Conclusões e Trabalhos Futuros	104
7.1	Conclusão	104
7.2	Trabalhos Futuros	104
	REFERÊNCIAS	106

Introdução

O mundo antes da pandemia de Corona Virus Disease-19 (COVID-19) era, na maioria dos contextos, de comando, conformidade e uniformidade. As relações de trabalho em empresas obedeciam, em sua maioria, a uma hierarquia com um chefe e seus subordinados. Muitas pessoas ainda assistiam ao mesmo canal da televisão aberta, ouviam as mesmas músicas na mesma emissora de rádio e liam ao mesmo jornal impresso. As pessoas estavam em frente ao aparelho de TV naquele horário ou perto do rádio naquele horário para sincronamente receberem as informações no mesmo tempo e espaços similares. A informação tinha um fluxo de um para muitos sem interações laterais, isto é, sem que os ouvintes interagissem. Ainda eram poucos aqueles que tinham conhecimento digital e equipamento (tablets, computadores, smartphones) para saber do mundo com liberdade em relação ao tempo e ao espaço, bem como poder interagir com outras pessoas no modo online. A direção do fluxo de conhecimento era de um para muitos e sem interações entre os pares para o despertar de novos conhecimentos.

Na maioria das escolas e universidades do mundo, as relações em sala de aula aconteciam a partir desse mesmo modelo: um professor posicionado na parte da frente de uma sala falando sobre o mesmo conteúdo para muitos alunos que estavam na mesma página do livro texto assistindo passivamente em suas carteiras enfileiradas, ouvindo e escrevendo todos ao mesmo tempo e no mesmo espaço. A uniformidade era uma premissa. Um modelo de sala de aula de comando, conformidade e uniformidade. Mesmo que em sala houvesse um superdotado ou um indígena ou um imigrante ou um vulnerável social ou até mesmo deficientes, a uniformidade do ensinar era predominante, inclusive nas avaliações que exigiam que alunos perseguissem o gabaritar.

Embora já existissem as técnicas associadas com a cultura da inovação (Aksoy et al., 2017; Shahzad et al., 2017) e as metodologias ativas baseada em problema e desafios (Morán, 2015), a educação ainda era realizada no modelo um para muitos (um professor para muitos alunos, um autor de livro didático para muitos alunos, uma sala de aula física para muitos alunos mantendo todos focados em um mesmo conteúdo ao mesmo tempo e no mesmo lugar). Ademais, em cursos universitários das áreas do saber das ciências biológicas, ciências das saúde, ciências humanas, ciências sociais aplicadas e ciências agrárias pairava algumas questões referentes ao perfil dos formandos: os egressos (novos profissionais) estavam preparados para o mundo digital? Eles estavam incluídos digitalmente? Esses novos profissionais tinham consigo uma cultura digital para apoiá-los em suas profissões? E nos cursos universitários das áreas de ciências exatas e da Terra e das Engenharias, além das questões mencionadas, ainda haviam outras, tais como: o perfil profissional dos formandos exhibe inteligência social? Além de suas *hards kills* (conhecimento na sua área e domínio de idiomas) os egressos tiveram a oportunidade de desenvolver *soft skills* (habilidade social) em seus cursos? Na Educação Básica, as questões relacionadas com a tecnologia e com a inteligência social também são importantes, em particular em um mundo pós-COVID-19 e caracterizada por altos níveis de Volatilidade, Incerteza, Complexidade e Ambiguidade (VUCA) (Bennett e Lemoine, 2014b).

Desde a educação básica é importante considerar a formação de cidadãos ágeis e capazes de tomar decisões em situações desafiadoras e que possam contribuir para um mundo melhor, inclusive considerando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela ONU¹.

O Ecossistema Manna de pesquisa, extensão inovadora e difusão formado por pesquisadores da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Federal do Paraná (UFPR) – campus Jandaia do Sul e Palotina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – campus Campo Mourão e Santa Helena, Instituto Federal do Paraná (IFPR) – campus Paranavaí, Universidade Federal de Viçosa – campus Florestal-MG, Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – campus Presidente Epitácio, Centro Universitário Instituto de Educação Superior de Brasília (IESB), Unicamp, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), Sociedade Brasileira de Microeletrônica (SBMicro) e Instituto Nacional de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (INCT NAMITEC), Ramo Estudantil IEEE UEM, IEEE Women in Engineering UEM tem realizado pesquisas com objetivo de projetar transformações sociais que implicassem em aprendizagem para a vida profissional, para a vida pessoal e para a cidadania, o que o grupo conceitua como Educação 5.0.

¹<https://odsbrasil.gov.br/>

”A Educação 5.0 preconiza a formação de um profissional que, além de conhecimento singular sobre sua área profissional, também tem o domínio da tecnologia, está incluído digitalmente, tem compromisso com a ética e com a sustentabilidade e que dá significado ao que aprende, isto é, este profissional tem o compromisso em divulgar e aplicar o que aprende em sua comunidade. Este profissional tem inteligência social. A Educação 5.0 tem viés de empreendedorismo e inovação. Em particular, ela prepara o cidadão para aprender tecnologia e fazer bom uso do conhecimento. O cidadão 5.0 deve apresentar hard skills e soft skills e estar apto a desenvolver inovações que causem impacto positivo na sociedade²”.

O Manna tem sido beneficiado pelo intercâmbio entre professores e pesquisadores de cursos diferentes, áreas diferentes, instituições diferentes e de cidades diferentes contribuindo para o fortalecimento do trabalho em equipe em uma dimensão inovadora. O time de pesquisadores formado por estudantes e professores com experiência de mais de 20 anos em ensino, pesquisa, extensão e inovação, já estavam combinando saberes tais como pensamento crítico, pensamento criativo, cultura maker, design thinking, inovação e uma mentalidade empreendedora para que o conhecimento tecnológico e inteligência social pudessem nos levar à sociedade 5.0 – uma sociedade que além dos aspectos tecnológicos e da inclusão digital busca qualidade de vida, equidade, sustentabilidade e inteligência social. Os cidadãos da sociedade 5.0 devem ser preparados para ela.

“Quando se trata de educação tecnológica, é importante construir ecossistemas de formação de empreendedores que favoreçam a transformação do ambiente universitário e escolar, estimulem a criatividade e promovam o surgimento de cidadãos 5.0 (profissionais que além de conhecimento singular sobre sua área de conhecimento, são capazes de unir tecnologia com Inteligência Social, apresentam independência intelectual, perfil empreendedor e capacidade de alavancar novos projetos. Esses cidadãos são capazes de propor soluções que contribuam para auxiliar a sociedade em seus novos desafios, promovendo inovação, novos negócios (disruptivos) e engajamento na quádrupla hélice: universidade-indústria-governo-sociedade)³”.

Com o surgimento da pandemia de COVID-19 em dezembro de 2019, países foram praticamente obrigados a implementar protocolos de distanciamento e restrição de aglomerações. Com a população em casa, o trabalho remoto tornou-se um modelo vital

²www.manna.team

³<https://odsbrasil.gov.br/>

para a continuidade de muitos negócios e a educação passou a adotar o Ensino Remoto Emergencial (ERE) com aulas sendo ministrada e assistidas em casa. Não havia outra opção a não ser tornar possível o aprendizado. Isso não significa que todas as lares, escolas e universidades dispunham de conhecimento e tecnologia para a adoção desse modelo, mas que todos os pais, professores e estudantes iriam ser lançados em um grande desafio: a aprendizagem fora da escola/universidade.

No Ecosistema Manna de pesquisa, extensão inovadora e difusão, não foi diferente. Em março de 2020, o laboratório foi fechado, assim como as escolas onde eram realizadas as atividades do projeto Manna_Academy que reúne acadêmicos, professores e profissionais em torno de um interesse comum em Educação 5.0. Os fornecedores de dispositivos eletrônicos também fecharam suas portas e houve um desabastecimento de insumos para o Manna_Science, projeto que envolve teses de doutorado, dissertações de mestrado e trabalho de iniciação científica e tecnológica. O time de pesquisadores do Manna foi desafiado a inovar em suas práticas de Educação 5.0.

Esta dissertação de mestrado também sofreu os impactos da pandemia. Ela teve início com o desenvolvimento de práticas de ensino do pensamento computacional para jovens com transtorno do espectro do autista (TEA) - um transtorno relacionado ao desenvolvimento neurológico. Um artigo foi publicado e está disponível na seção 3 desta dissertação que foi reestruturada com a definição da abordagem de ensino com Kits Delivery de Tecnologia, chamado de MannaKDT.

A MannaKDT concebida para práticas sociais baseadas em tecnologia se tornou uma oportunidade para explorar a aprendizagem em educação domiciliar – também chamada de *homeschooling*. A abordagem MannaKDT considera a aprendizagem multimodal projetando significados que cruzam os modos: escrito, oral, audível e tátil. Isso é diferente das aulas online onde o ensino-aprendizado usa apenas a percepção visual e audível. No caso da MannaKDT, também é usado o modo tátil que tem sua base na cultura maker onde estão as práticas que levam o estudante a entender que ele não é o que sabe, mas o que pode potencialmente saber, experimentando e fazendo. A cultura maker é apoiada no tátil, no faça você mesmo, e estas atividades despertam o envolvimento e o engajamento, uma vez que o participante não só adquire conhecimento como também é capaz de produzir e compartilhar.

A MannaKDT foi projetada para ser usada em qualquer lugar, a qualquer hora, como um laboratório maker móvel que permite que o aprendizado se expanda e se difunda para todas as partes e que o fluxo de conhecimento possa ser de muitos-para-muitos rompendo com os modelos de sala de aula. Ela é multimodal porque torna o tempo, o espaço e a forma relativos e flexíveis, isto é, o estudante faz uso do MannaKDT em qualquer tempo

e em qualquer lugar e pode ter encontros físicos nos laboratórios do Manna ou Escola, como também pode realizar as atividades online.

A abordagem proposta como dissertação de mestrado está sendo projetada como uma contribuição para mudanças sociais que devem acontecer com a popularização de uma tecnologia transformadora que contribui para a formação do cidadão e do trabalho do futuro. Ademais, um dos princípios do MannaKDT é levar ao engajamento na aprendizagem. Este é um conceito que inclui a aprendizagem cognitiva, emocional e motivacional que promove a aprendizagem contínua rumo ao futuro.

O objetivo geral desta dissertação, desenvolvida em tempos de pandemia, propõe viabilizar o ensino e a difusão do conhecimento em espaços de aprendizagem informal (em domicílio) ou semiformal (contraturno escolar, empresas, fablabs, maker spaces, etc) promovendo uma nova maneira de ampliar e melhorar as relações (individuais ou sociais) com o conhecimento e com atenção às diferenças existentes entre os estudantes. Os objetivos específicos envolvem:

Tecnologicamente:

- Encontrar dentro do Ecossistema Manna de pesquisa, extensão inovadora e difusão, ferramentas e trabalhos existentes que podem ser incluídos dentro da aprendizagem multimodal e multidimensional desse trabalho;
- Criar um ambiente propício ao desenvolvimento das atividades deste trabalho, e que acompanhe a aplicação e utilização das ferramentas escolhidas de forma adequada;
- Analisar estratégias de envio e segurança que não coloquem em risco a integridade humana do participante.

Pedagogicamente:

- Apreciar o cenário da educação estabelecido pela pandemia;
- Estudar os principais conceitos envolvidos com a Educação 5.0 selecionando temas para compor o desenvolvimento e avaliação da abordagem;
- Entender os desafios relacionados com a aprendizagem do pensamento computacional por pessoas com transtorno do espectro autista;
- Compor uma abordagem que promova o engajamento na aprendizagem e que seja capaz de contrastar o espaço, o tempo e o modo com que se aprende;
- Inferir sobre sua contribuição no mundo pós-pandemia.

É importante mencionar que esta dissertação, mesmo alterando seus objetivos por ocasião da pandemia, foi novamente impactada pelas medidas de enfrentamento, tendo que realizar seus experimentos de forma restrita uma vez que a crise mundial no fornecimento de dispositivos de hardware e a desvalorização do real frente ao dólar, impediram a aquisição de material destinado à composição dos dispositivos da MannaKDT, incluindo as impressoras 3D que tiveram um aumento de preço de 80% e cujo processo de compra na Universidade Estadual de Maringá está completando 16 meses sem sucesso.

O restante do texto desta dissertação está assim organizado: O capítulo 2 apresenta uma visão geral do contexto de desenvolvimento do trabalho considerando o cenário da pandemia, um esboço sobre o trabalho do Ecossistema Manna e a revisão da literatura para os temas selecionados para compor a abordagem, incluindo aqueles relacionado com a avaliação; o capítulo 3 apresenta os resultados da primeira fase da dissertação que tinha como foco a avaliação das técnicas do Ensino do Pensamento Computacional e os resultados preliminares com um estudante diagnosticado com transtorno do espectro autista (TEA). O capítulo 4 trata da arquitetura MannaKDT considerando alguns conceitos de inovação e compondo a discussão sobre os modos de aprendizagem considerando atividades de fala, escrita, escuta e tátil. O capítulo 5 relata dois casos de usos da arquitetura considerando dois KDTs e o exemplo da sua aplicação. O capítulo 6 apresenta os resultados obtidos nas aplicações deste trabalho e por fim, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

Tecnologia como Ferramenta de Ensino

Este capítulo apresenta uma visão geral do contexto de desenvolvimento do trabalho considerando: o cenário da educação em tempos de pandemia de COVID-19; um esboço sobre o trabalho do Ecosistema Manna e a revisão de literatura sobre educação, metodologias ágeis e formas de avaliação de aprendizagem.

2.1 A educação em tempos de pandemia

A pandemia COVID-19 alterou significativamente a rotina de crianças e jovens, suas famílias e educadores e a sociedade como um todo (Wang et al., 2020). Com os estudantes e professores cumprindo o afastamento social, a educação passou a ser realizada em um modo de Ensino Remoto Emergencial (ERE) – um dos nomes dados para as aulas realizadas por meio de comunicação remota com aulas online por conexões com a internet usando diferentes plataformas ou aulas gravadas em vídeos preparadas pelos professores e assistidas pelos estudantes. De início, os pais tiveram que encontrar dentro de suas casas as condições mínimas para que seus filhos participassem do ERE. Era necessário um equipamento (tablet, computador, smartphone, entre outros), a conexão com a internet com velocidade que permitisse a participação nas aulas, o acompanhamento da rotina escolar e o espaço físico adequado. Nem todas as famílias dispunham desses recursos ou puderam adquiri-los. Considerando os estudantes em vulnerabilidade social, os estrangeiros, os indígenas, os que apresentavam alguma deficiência física ou mental ou algum quadro psicológico, o momento do ERE foi mais um agravante para várias crises de desigualdades. Do lado dos professores, isso não foi diferente. Eles tiveram que garantir

o ambiente para seus filhos, bem como para si próprios. Os professores também tiveram que ter computadores ou tablets e smartphones e conexões com a internet e equipamentos de iluminação, microfones e uma ferramenta que substituísse o quadro da sala de aula física. O modelo de comando, conformidade, uniformidade e desigualdade das salas de aula físicas de escolas e universidades públicas e privadas foi bruscamente interrompido.

No Brasil, o fechamento das escolas também representava uma ausência para uma variedade de serviços sociais, como por exemplo nutrição – muitas crianças tinham a sua melhor e, muitas vezes, única refeição nas escolas. Nas universidades, muitos estudantes e colaboradores dependiam dos restaurantes universitários e de outros serviços prestados por suas instituições. Ademais, o fechamento das universidades produzia ameaças à mobilidade acadêmica, às pesquisas e ao trabalho extensionista que em muitos projetos representava a prestação de serviços para a comunidade. Alguns serviços das universidades foram paralisados, no entanto, os serviços de saúde ganharam ainda mais notoriedade, isto porque, muitas universidades dispõem de hospitais universitários, farmácias, clínicas de psicologia e laboratórios de análise químicas que sempre foram essenciais e, em tempos de pandemia, foram desafiados a prestar um serviço ainda mais necessário e exaustivo.

Além dos desafios para o ensino, pesquisa e extensão, esse período também foi ameaçador para a saúde mental de estudantes, pais e professores e fez aumentar os casos de violência doméstica e ameaças de fome, entre outras mazelas sociais. Toda a sociedade foi impactada com os esforços para mitigar a propagação do vírus que causava colapso no atendimento dos hospitais.

As milhares de vidas ceifadas todos os dias pela COVID-19, causavam medo e angústia para todos. O mundo assistiu aos esforços de muitos profissionais, incluindo os da área de Educação. Das creches ao ensino superior, muito esforço foi empenhado para mitigar os efeitos. Contudo, os números a seguir mostram os impactos iniciais da COVID-19 na rotina dos estudantes. Segundo a UNESCO¹:

- A pandemia afetou cerca de 1,6 bilhões de estudantes da Educação Básica em mais de 190 países, interrompendo as aulas presenciais nas escolas. Em média, as escolas permaneceram fechadas por 2/3 do período acadêmico;
- 214 milhões de crianças, ou 1 em cada 7, perderam mais de $\frac{3}{4}$ do ano escolar presencial;
- 25% dos países em desenvolvimento afirmou que os estudantes não estavam tendo acompanhamento do aprendizado pelos professores;

¹<https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>

- Na América Latina e Caribe, o número de estudantes que não recebeu nenhuma forma de educação subiu de 4% para 18% nos últimos meses de 2020. Até três milhões de crianças podem ficar fora da escola nesta região.

De acordo com dados levantados pelo portal eletrônico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, 2021), enquanto 95% dos domicílios brasileiros da classe A têm ao menos um computador em casa, apenas 44% dos domicílios de classe C o possuem e 14% dos da classe D e E dispõem do computador. Com isso, 58% dos brasileiros acessam a internet exclusivamente pelo telefone móvel, proporção que chega a 85% nas classes D e E. Além disso, muitas vezes, nesses domicílios das classes D e E, há menos de um celular por pessoa e frequentemente, muitas crianças precisando do celular para estudar e os adultos para trabalhar, tornando as dificuldades ainda maiores nessas classes. Com 28% da população sem acesso a Web, a desigualdade digital reforça a exclusão social, já tão presente no Brasil. Ainda, quando considerado o âmbito rural, de acordo com o IBGE, 12% dos moradores não possuem internet, e 7,3% não possuem equipamentos para acesso por considerarem caro.

Pesquisas realizadas pelo INEP mostraram que de um total de 134.153 escolas de fundamental e médio, no país inteiro, somente 34 mil têm acesso à internet. Sendo que, ainda, os estados do Acre (27%), Amazonas (31%), Maranhão (36%) e Pará (38%), são os que apresentam menor infraestrutura tecnológica. Neste mesmo ranking, o Distrito Federal, os estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, aparecem com os maiores índices, sendo 98% para os dois primeiros, e 97% para os três últimos, respectivamente (de Sena et al., 2021).

As aulas na rede estadual do Paraná em tempos de afastamento social por COVID-19 foram remotas por meio da TV aberta, YouTube, aplicativos e Google Classroom, além das atividades impressas. Os pais ou responsáveis de alunos fizeram uso do aplicativo Aula Paraná no celular para receberem as informações de participação e desempenho dos filhos nas aulas. O Paraná tem mais de 2,1 mil instituições de ensino estaduais que oferecem atividades para aproximadamente 1 milhão de estudantes. Em setembro de 2020, seis meses após a suspensão das aulas presenciais, a Secretaria Estadual de Educação do Paraná (SEED) anunciou que 9,75% dos estudantes não estariam entregando as atividades há mais de 20 dias.

As oportunidades de pesquisa na área interseção das áreas da ciência da computação e da educação são muito maiores do que a rápida transição do ambiente de ensino físico para um online. Os assuntos que já eram importantes, tais como a adoção de tecnologias digitais para que os estudantes desenvolvam habilidades adequadas para capitalizar as oportunidades existentes e futuras nos mercados de trabalho e negócios, se somam às

questões de sustentabilidade, problemas com qualidade de ensino, as desigualdades de gênero, cultura e classe, a ausência do protagonismo do estudante, a distância entre as escolas e universidades, o aumento dos casos de depressão e ansiedade entre os professores e alunos, a violência entre estudantes e professores, entre outros, e com a pandemia ganharam ainda mais relevância.

O contexto desta dissertação de mestrado não envolve o estudo sobre os efeitos da ausência da escola no período da pandemia e nem tão pouco quer discutir as situações de crise e conflitos, incluindo perdas de aprendizagem, problemas de saúde mental, ameaças à proteção infantil incluindo o risco de exploração, abuso ou violência e aumento da desigualdade social. O assunto está colocado nesta seção para contextualizar as decisões que nortearam o desenvolvimento da proposta como dissertação de mestrado, em especial, as limitações impostas para sua aplicação e avaliação. O cenário da pandemia evidenciou a necessidade de se propor novas formas de se pensar a Educação, em particular, o ensino-aprendizagem de tecnologia que é o assunto principal desta dissertação.

2.2 Um esboço sobre o trabalho do Ecosistema Manna

O Grupo Manna vem trabalhando no desenvolvimento do conceito de Educação 5.0 e aplicando os temas Internet das Coisas (em inglês: *Internet of Things* - IoT), Internet dos Drones (em inglês: *Internet of Drones* - IoD), Internet Robóticas das Coisas (em inglês: *Internet of Robotic of Things* - IoRT), Inteligência Artificial (IA), Jogos e Computação Urbana como tecnologias que possibilitam a aprendizagem de tecnologia e despertam interesse de estudantes.

”É esperado que nos próximos anos muitos objetos façam parte da Internet das Coisas (IoT) e sejam utilizados em diferentes aplicações. Em breve, quase todos os objetos, pessoas, plantas e animais estarão usando a microeletrônica e a computação para oportunizar o desenvolvimento de diversas aplicações, entre elas experiências inovadoras em transporte, cidades inteligentes, monitoração e preservação ambiental, saúde, meio ambiente, defesa nacional e segurança pública, energia e mobilidade, qualidade de vida, convivência, agronegócios, transportes, turismo entre outras. Além da pesquisa, do desenvolvimento e da transferência tecnológica, é necessário incluir a sociedade nas transformações que hão de vir com a IoT e outras tecnologias tais como a Inteligência Artificial (IA). Sem uma estratégia de inclusão neste universo tecnológico, a sociedade

não estará apta a tomar proveito do arcabouço tecnológico, das oportunidades de emprego e apta a decidir sobre os rumos da sociedade 5.0².”

O Manna Team começou suas atividades há 20 anos como um projeto de pesquisa e extensão. Passou a ser uma rede com quase 200 pesquisadores e tornou-se um Ecossistema de Educação 5.0 que envolve, além de pesquisadores, professores e estudantes de pós-graduação, graduação, ensinos técnico, médio, fundamental I e II, de diferentes instituições e cidades.

A rede Manna Team vem desenvolvendo projetos em Instituições de Ensino Superior e em Escolas Públicas de Educação Básica de municípios do interior do Paraná: Maringá, Cianorte, Paranavaí, Campo Mourão, Apucarana, Jandaia do Sul, Guarapuava, Santa Helena, Mandaguari, Alto Paraná, Marialva, São Pedro do Ivaí e Tamboara, bem como em Brasília-DF, Presidente Epitácio-SP e Florestal-MG.

O Manna Team definiu pequenas metas para as contribuições que vão além da pesquisa, sendo elas: a integração das atividades de pesquisa, de ensino, de extensão e inovação com as demandas sociais, a busca pela equidade, inclusão e com a formação integral do cidadão; o estímulo ao domínio da tecnologia, ao caráter empreendedor e de inovação desde a Educação Fundamental I; a popularização da ciência com amplo diálogo com a sociedade; a formação comprometida com a ética, a integridade, a felicidade e atuação transformadora; a ampliação dos espaços de convivência, cultura e socialização; o despertar de vocações e perfis de excelência a partir do Projeto de Felicidade; o estímulo à participação de meninas nas áreas de Computação, Engenharias e Microeletrônica; a preocupação com o ensino-aprendizagem de pessoas especiais e com altas habilidades, o desenvolvimento de elementos de IoT e suas variações que possam estar disponíveis a todos.

Algumas das questões de pesquisa do Ecossistema Manna relacionadas com a Educação 5.0 são:

- A ciência da aprendizagem de tecnologia (IoT, IoD, IoRT, IA, Jogos, etc) pode ajudar a promover a inteligência social, o bem-estar, a redução das desigualdades e contribuir para um mundo melhor?
- Existe uma combinação ideal de aprendizagem hardskills (tecnologia e idiomas) e softskills (empreendedorismo e inteligência social) que possa promover ou colaborar com a Educação 5.0?

²<https://manna.team/>

- Como inserir a cultura da inovação em uma metodologia de educação que possa promover o protagonismo dos estudantes e dar aos professores novas oportunidades de crescimento profissional?
- Como tornar os produtos científicos e tecnológicos do Manna disponíveis para todos os atores da Educação?
- Como estimular a participação de meninas em STEAM?
- Como promover o crescimento de mulheres nas carreiras de STEAM?
- Como promover a inclusão e o letramento digital de deficientes, vulneráveis, melhor idade e pessoas especiais?
- Como contribuir com o estado da arte da área de acessibilidade?

Além dessa, surgem ainda as questões que motivaram esta dissertação de mestrado:

- Como projetar dispositivos de aprendizagem multimodais que se tornem produtos de difusão científica e tecnológica capaz de mudar o espaço, o tempo e as relações e que amplie os modos de aprendizagem considerando o tátil?
- Como mudar a direção dos fluxos de conhecimento de um para muitos para de muitos para muitos?
- Como desenvolver uma fonte de aprendizagem portátil?
- E, em tempos de pandemia, como exemplificar o uso de dispositivos de aprendizagem de tecnologia que sejam simples e baratos?

Apesar de todo o caos causado pela pandemia Covid-19, esta situação evidenciou a próspera organização do Ecossistema Manna e avaliou a eficácia dos esforços anteriores onde foram criados vários produtos para a educação não formal, para comunicação científica, a popularização da ciência, o engajamento e a aproximação entre universidades e entre universidades e escolas (Flôr et al., 2020).

2.3 Uma breve introdução à Educação 5.0

Na literatura, há estudos que afirmam que os educadores usam tecnologias inovadoras para atender às necessidades individuais (Engelbrecht et al., 2020) e que os alunos contemporâneos usam a tecnologia mais do que qualquer geração anterior (Van Broekhuizen et al.,

2016). Bolaños e Salinas (2021) argumentam que os ambientes digitais são significativos para a colaboração entre participação que considera equidade, diversidade e inclusão - preenchendo lacunas socioeconômicas e culturais.

Contudo, como mencionado no capítulo 2.1, uma grande parcela da população ainda está excluída digitalmente, isto é, uma grande parte da população mundial não tem dispositivos e nem conexão para participar deste cenário tão próspero.

Ademais, como mencionado no capítulo 1, antes da pandemia os alunos estavam em suas carteiras enfileiradas em uma sala de aula, ouvindo e visualizando seus professores que estavam à frente da sala falando, escrevendo ou projetando. A aprendizagem multimodal era baseada no que se via (lia), no que se ouvia e no que se escrevia. Todos os alunos recebiam a mesma informação ao mesmo tempo e no mesmo espaço. O fluxo do conhecimento era de um-para-muitos, isto é, do professor para muitos alunos.

Ao mesmo tempo, durante o período da pandemia pode-se notar que a maioria daqueles que estavam incluídos digitalmente, não dispunham de criticidade para identificar notícias falsas e para manter-se longe das discussões polarizadas. A ausência de senso crítico desfez o aprendizado formal e contribuiu para esconder o avanço científico, sem mencionar as milhares de vidas perdidas por desinformação. As pessoas disseminavam informações falsas, promoviam debates sem qualquer fundamento e usavam as redes sociais para um desserviço.

Muitos estudantes que dispunham de acesso ao mundo online, entraram na zona de conforto, passaram a jogar online e não tiveram propulsão para buscar o bem-estar, para exercer a empatia e tão pouco semear a paz em suas casas. A cidadania foi completamente esquecida. Outros estudantes que dispunham de acesso ao mundo online, tiveram que empenhar muito esforço para entender as plataformas uma vez que não haviam sido ensinados sobre elas.

A pandemia evidenciou a necessidade de se refletir sobre a aprendizagem de tecnologia bem como a aprendizagem de soft skills, incluindo o pensamento crítico. Não só os estudantes dos cursos de graduação das áreas das engenharias e da computação devem saber tecnologia, mas também todos os cidadãos. A aprendizagem de tecnologia deve ter início no Ensino Fundamental I e percorrer todos os anos do Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Técnico e estar presente em todos os cursos de graduação de todas as áreas de conhecimento. Além disso, todos os cidadãos devem ser introduzidos aos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU³, convertidos à cultura de inovação e empreendedorismo e estimulados para que tenham inteligência social. Estes são os desafios da Educação 5.0 que enfatiza que cidadãos bem informados, produtivos e com

³<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

bons relacionamentos sociais, devem ser formados desde a educação básica até o ensino superior.

Assim, a Educação 5.0 propõe que os estudantes sejam protagonistas na busca pelo aprendizado e que colaborem para produzir conhecimento e inteligência coletiva. Neste ambiente, não há competição, mas colaboração e compartilhamento de ideias. O engajamento é um requisito fundamental que contribui para envolver o estudante em várias dimensões, tais como: cognitiva, comportamental, emocional e motivacional para um processo de aprendizagem contemporâneo.

A Educação 5.0 é capaz de alavancar a formação desse cidadão, onde o aluno deve ter as *hard skills* (um conhecimento padrão sobre a área estudada e um domínio sobre tecnologia e idiomas) e *soft skills* (que englobam a inteligência social, valores e ética).

O conceito de sociedade 5.0 foi introduzido pelo governo japonês em 2016 para o movimento estratégico em busca de um desenvolvimento sustentável da sociedade com o maior índice de pessoas idosas do mundo. O conceito envolve, além dos aspectos tecnológicos, qualidade de vida, inclusão e sustentabilidade. Na sociedade 5.0 as tecnologias como *big data*, inteligência artificial e IoT são usadas para criar soluções com foco nas necessidades humanas⁴. Os maiores desafios da sociedade 5.0 não estão relacionados apenas com a tecnologia, mas sim com a formação do cidadão que é capaz de contribuir para construção de uma sociedade mais inclusiva e sustentável e que priorize a qualidade de vida de seus cidadãos.

2.4 A Base Nacional Comum Curricular

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reconhece que a “educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza”, mostrando-se também alinhada à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas⁵. A BNCC⁶ define 10 competências gerais da educação básica, sendo que a número 5 trata da cultura digital como colocado no trecho transcrito, “*Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar,*

³<https://www.japantimes.co.jp/opinion/2019/10/16/commentary/japan-commentary/reforming-education-society-5-0/>

⁴<https://fia.com.br/blog/sociedade-5-0/>

⁵<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

⁶<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/introducao>

acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva”.

Em um alinhamento com a formação no novo cidadão existe a Sociedade 5.0, que é conhecida como *”Super Smart Society”* e tem como objetivo criar uma sustentabilidade ao ser humano, melhorando sua qualidade de vida por meio da tecnologia (Shiroishi et al., 2018). O cidadão que está presente nessa sociedade deve acompanhar o avanço tecnológico, dessa forma, adaptando a tecnologia ao cotidiano. Esse cidadão que domina essas habilidades é o chamado Cidadão 5.0.

Por fim, a nova educação, que acompanha o desenvolvimento do ser humano, possui como auxílio de desenvolvimento a formação do pensamento crítico e de diretrizes propostas por Ennis (1985) e Bloom et al. (1956).

2.5 O futuro do trabalho

O Fórum Econômico Mundial (World Economic Forum), WEF (2020), afirma que uma maior adoção de tecnologia significará que as habilidades em demanda em todos os empregos serão alteradas nos próximos cinco anos, e as lacunas de habilidades continuarão a ser altas. Da mesma forma, o pensamento crítico e a solução de problemas estão no topo da lista de habilidades que os empregadores acreditam que crescerão em destaque nos próximos cinco anos. O Fórum também lista as 10 principais habilidades necessárias para 2025, sendo elas:

- Pensamento analítico e inovação;
- Aprendizagem ativa e estratégias de aprendizagem;
- Resolução de problemas complexos;
- Pensamento crítico e análise crítica;
- Criatividade, originalidade e iniciativa;
- Liderança e influência social;
- Uso, monitoramento e controle de tecnologia;
- *Design* tecnológico e programação;
- Resiliência, tolerância ao estresse e flexibilidade;

- Raciocínio, resolução de problemas e ideação.

Esta dissertação lida com este desafio: estudar os conceitos de Educação 5.0 selecionando os temas de pesquisa para compor o desenvolvimento de uma arquitetura que promova o engajamento contrastando o espaço, o tempo e o modo com que se aprende. Dessa forma, as próximas seções apresentam os temas selecionados no desenvolvimento da abordagem proposta, quais sejam: o pensamento crítico, o pensamento computacional e a cultura maker.

2.6 Pensamento Computacional

Durante o desenvolvimento desse trabalho, buscou-se as primeiras definições sobre o pensamento computacional, que foram propostas por Wing (2006), sendo ele um processo que envolve a resolução de problemas, a capacidade de projetar sistemas e a compreensão do comportamento humano recorrendo aos conceitos fundamentais da Ciência da Computação. O pensamento computacional reitera o trabalho construcionista de Papert e Harel (1991b) e foi citado pela primeira vez como um termo em um artigo seminal de Wing.

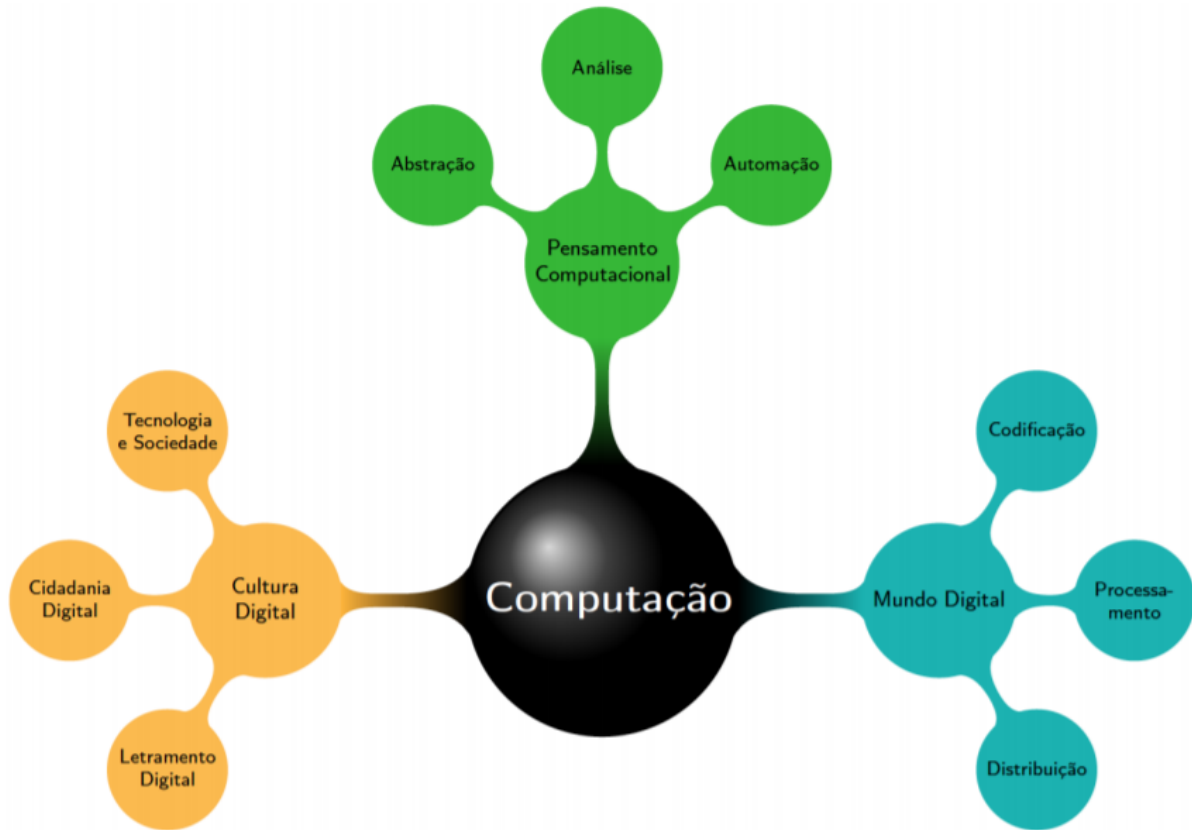
As instituições *Computer Science Teachers Association* (CSTA) e a *International Society for Technology in Education* (ISTE) definiram o pensamento computacional como um processo de solução de problemas que inclui as seguintes características: formular problemas de maneira que permita utilizar o computador e outras ferramentas para ajudar a resolvê-los, organizar e analisar os dados de maneira lógica e representar dados por meio de abstrações como modelos e simulações (ORTIZ e PEREIRA, 2018).

Por outro lado, a SBC (Sociedade Brasileira de Computação) (DCEB, 2021), entende que é fundamental e estratégico para o Brasil que conteúdos de computação sejam ministrados na educação básica. Ela afirma também que a computação contribui para a formação do jovem no século XXI, pois permite a compreensão plena do mundo; aumenta a capacidade de aprendizagem e resolução de problemas, provendo novas formas de expressão de pensamento; e serve como ferramenta de apoio ao aprendizado das demais disciplinas. Esses atributos derivam dos modelos propostos pela SBC que exemplifica os ramos da computação e que pode ser visto na Figura - 2.1.

Quando a computação passa a ser citada como uma ciência, a SBC define que é um campo que estuda as formas de representação da informação e o processo de resolução de problemas em si, e por isso ela é transversal as outras ciências, podendo ser utilizada na matemática, física, biologia, filosofia, história, entre outros conteúdos multidisciplinares.

A área da computação provê habilidades e conhecimento para tornar as pessoas muito mais capazes de criar e inovar em todas as áreas.

Figura 2.1: Modelo proposto pela SBC que exemplifica os ramos da computação.



Fonte: SBC (DCEB, 2021).

A união entre o pensamento computacional e a educação tem gerado abordagens e técnicas de ensino em diferentes disciplinas. A utilização do pensamento computacional estimula a criatividade e a capacidade de inovação do aluno o que torna eficiente o estímulo à disciplinas de ciências, engenharia e tecnologia. Por fim o trabalho contempla os alunos do século XXI, tornando uma abordagem atualizada e recente de ensino.

2.7 Pensamento Crítico

A propagação do pensamento computacional está diretamente ligada ao ser humano com pensamento crítico. De acordo com McPeck (2016), existe uma opinião predominante de que a capacidade de pensar criticamente é uma característica humana desejável, e que,

por esse motivo, deve ser ensinada em escolas sempre que possível. No entanto, para Decker et al. (2018) as definições para o pensamento crítico variam amplamente.

Alguns dos tópicos incluídos na definição de pensamento crítico são: identificar problemas, reconhecer suposições, determinar relacionamentos importantes, fazer inferências corretas, avaliar dados e evidências, conceituar, questionar, raciocinar, sintetizar e tirar conclusões. Porém a *The Foundation of Critical Thinking*, TFCT (2021), afirma que em sua forma exemplar, baseia-se em valores intelectuais universais que transcendem as divisões do assunto: clareza, exatidão, precisão, consistência, relevância, evidência sólida, boas razões, profundidade, amplitude e justiça.

O pensamento crítico é um tópico importante e vital na educação moderna. Todos os educadores estão interessados em ensinar pensamento crítico a seus alunos. Muitos departamentos acadêmicos esperam que seus professores e instrutores se tornem informados sobre a estratégia de ensino de habilidades de pensamento crítico (Schafersman, 1991).

O conceito de pensamento crítico para Ennis (1993), abrange capacidades (ponderar argumentos, verificar a credibilidade das fontes, identificar o foco de um problema e responder as perguntas clarificadoras ou questões desafiadoras) e também abarca disposições (estar disposto a decidir e a conservar o foco na conclusão ou questão, preparado a levar toda a circunstância em conta, organizado para requerer e apresentar razões, consciente de ser bem informado, disposto a olhar para alternativas e abdicar julgamentos quando as proeminências e razões são escassas).

Para Schafersman (1991), o objetivo de ensinar especificamente o pensamento crítico nas ciências ou em qualquer outra disciplina é melhorar as habilidades de pensamento dos alunos e, assim, prepará-los para ter sucesso no mundo. Uma pessoa que pensa criticamente pode fazer perguntas apropriadas, reunir informações relevantes, classificar essas informações de maneira eficiente e criativa, raciocinar logicamente a partir dessas informações e chegar a conclusões confiáveis sobre o mundo que permitem viver e agir com sucesso nele.

Ennis (1993) afirma que ao decidir de forma razoável e reflexiva no que acreditar ou fazer, uma pessoa precisa :

- Julgar a credibilidade das fontes;
- Identificar conclusões, razões e suposições;
- Julgar a qualidade de um argumento, incluindo a aceitabilidade de suas razões, suposições e evidências;
- Desenvolver e defender uma posição sobre uma questão;

- Fazer perguntas de esclarecimento apropriadas;
- Planejar experimentos e julgar projetos experimentais;
- Definir os termos de uma forma apropriada para o contexto;
- Ter a mente aberta;
- Estar bem informado;
- Tirar conclusões quando necessário, mas com cautela.

A utilização de técnicas existentes no pensamento computacional pode ser atrelada ao pensamento crítico. Por meio dessas práticas, desenvolve-se uma capacidade de analisar o aluno e amplamente constatar suas habilidades individuais e em equipe voltadas para a resolução de um problema em que o debate e a compreensão são fatores principais.

2.8 Metodologias Ativas

Com o período de isolamento social as escolas e instituições de ensino não tiveram outra opção além de se reinventar. Junto a essa necessidade houve um destaque para as metodologias ativas, que são formas diferenciadas e inovadoras de ensinar.

Fonseca e Mattar (2017), afirmam que as metodologias ativas abrangem um conceito muito amplo, que pode se referir a uma variedade de estratégias de ensino, como: aprendizagem baseada em problemas, problematização, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem por pares (ou *peer instruction*), *design thinking*, método do caso e sala de aula invertida, dentre outras (Fonseca e Mattar, 2017).

As instituições educacionais atentas às mudanças escolhem fundamentalmente dois caminhos: mudanças progressivas e mudanças profundas. Nas mudanças progressivas, elas mantêm o modelo curricular predominante, mas priorizam o envolvimento maior do aluno, com metodologias ativas como o ensino por projetos de forma mais interdisciplinar, o ensino híbrido e a sala de aula invertida. Outras instituições propõem modelos mais inovadores, disruptivos, sem disciplinas, que redesenham o projeto, os espaços físicos, as metodologias, baseadas em atividades, desafios, problemas, jogos e onde cada aluno aprende no seu próprio ritmo e necessidade e também aprende com os outros em grupos e projetos, com supervisão de professores orientadores (Morán, 2015).

Alguns autores referem-se sobre metodologias ativas de aprendizagem como sendo "pontos de partida" para prosseguir em processos mais avançados de reflexão, integração

cognitiva, generalização e reelaboração de novas práticas” (Fonseca e Mattar, 2017). Berbel (2011) afirma que podemos entender que as metodologias ativas baseiam-se em formas de desenvolver o processo de aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando às condições de solucionar desafios advindos das atividades essenciais da prática social em diferentes contextos.

Existem, portanto, algumas metodologias ativas que possuem um potencial de levar alunos à potencialização do aprendizado. Berbel (2011) diz que o estudo de caso é uma delas, sendo que é muito utilizado em cursos de Direito, Administração, Medicina entre outros. Com o estudo de caso, o aluno é levado à análise de problemas e tomada de decisões. Os alunos empregam conceitos já estudados para a análise e conclusões em relação ao caso. Pode ser utilizado antes de um estudo teórico de um tema, com a finalidade de estimular os alunos para o estudo. O estudo de caso é recomendado para possibilitar aos alunos um contato com situações que podem ser encontradas na profissão e habituá-los a analisá-las em seus diferentes ângulos antes de tomar uma decisão (BERBEL, 2011).

Para Morán (2015), a tecnologia traz hoje a integração de todos os espaços e tempos. O ensinar e aprender acontece numa interligação simbiótica, profunda, constante entre o mundo físico e mundo digital. Não são dois espaços diferenciados, mas um espaço estendido, uma sala de aula ampliada, que se mescla e hibridiza constantemente. Por isso a educação formal é cada vez mais híbrida, porque não acontece só no espaço físico da sala de aula, mas nos múltiplos espaços do cotidiano, que incluem os digitais. O professor precisa seguir comunicando-se face a face com os alunos, mas também digitalmente, com as tecnologias móveis, equilibrando a interação com todos e com cada um.

Considerando a importância das metodologias ativas no cenário educacional atual e reforçando a ideia de novas abordagens de ensino mediante a pandemia de COVID-19, algumas das metodologias ativas existentes e que conectam tecnologia e educação serão estudadas nesse trabalho e apresentadas nas subseções a seguir.

2.8.1 Cultura Maker

Buscando o estímulo do pensamento computacional e crítico, o movimento maker é apresentado por Raabe e Gomes (2018) como uma evolução do “Faça Você Mesmo” (*Do-It-Yourself*), que se apropriou de ferramentas tecnológicas como a placa Arduíno, impressoras 3D, cortadoras a laser, kits de robótica e máquinas de costura, para incentivar um aprendizado a partir da criação e descoberta. A internet, ao conectar “fazedores” e facilitar a di-

vulgarção de vídeos e manuais de experiências, também foi responsável pela popularização da cultura.

As práticas de construção e o método "faça você mesmo" (DIY) têm despertado cada vez mais interesse para os pesquisadores da interação humano-computador nos últimos anos. A prática tecnológica que une o lúdico a utilidade e a expressividade, apoia-se em algumas infraestruturas industriais, ao mesmo tempo que cria demanda por novos tipos de ferramentas. Prosperando em cima de sistemas digitais colaborativos, o movimento Maker envolve e impacta profissionais (Tanenbaum et al., 2013).

À medida que aumenta o interesse por atividades digitais, também tem havido um ressurgimento na prática da cultura artesanal. O valor da construção reside nas habilidades necessárias para criar artefatos feitos à mão e únicos, em oposição às habilidades da elite especializada. A noção de DIY surgiu para que as habilidades e conhecimentos necessários para criar fossem acessíveis a qualquer pessoa e não uma questão de acessibilidade (Caldwell e Foth, 2014).

Anderson (2012) diz que a opção por uma abordagem "faça você mesmo" às vezes é baseada em uma decisão de se opor ao consumismo e, em vez disso, promover a criação individual que muitas vezes vai além do material ou artefato tangível, uma vez que também transborda na elaboração de experiências. Com a combinação da rede Web 2.0 e um crescente interesse em fazer as coisas você mesmo, a cultura DIY foi além do mundo da construção para abranger o desenvolvimento e compartilhamento de conhecimento tecnológico, o que é conhecido como as culturas maker e hacker.

A cultura maker e hacker, juntamente com a abordagem DIY permite que espaços hackers sejam construídos. Lindtner e Li (2012) define esse espaço como *hackerspaces*, que são estúdios compartilhados que reúnem pessoas comprometidas com o compartilhamento gratuito e aberto de software e hardware, bem como ideias e conhecimento. Um estúdio típico será equipado com ferramentas que permitem fazer experimentos com o limite físico/digital - cortadores a laser, impressoras 3D, kits de microcontroladores e assim por diante.

Outro conceito apresentado que faz parte dos princípios da cultura maker e hacker é o chamado FabLab. O nome é derivado do inglês *Fabrication Laboratories* (Laboratórios de Fabricação) e é definido por Posch e Fitzpatrick (2012) como uma laboratório que abre as possibilidades de se engajar na produção de tecnologias maker diretamente, disponibilizando os equipamentos e materiais para a fabricação digital além das fronteiras de algumas empresas e instituições de pesquisa altamente especializadas e colocando-os nas mãos do público em geral. Ao fazer isso, espera-se que uma criação e uso de tecnologia

amplamente difundidos, diversificados e pessoalmente relevantes possam ser promovidos (Gershenfeld, 2005).

Esses espaços makers despertam o interesse pela criação, disseminação e popularização onde Blikstein et al. (2020) define que isso deve-se à 5 tendências, sendo elas:

- Maior aceitação social das ideias e princípios da educação progressiva;
- Países competindo por ter uma economia baseada em inovação;
- Crescimento da mentalidade e popularidade da criação e programação;
- Redução no custo dos equipamentos de fabricação digital e tecnologias de computação física; e
- Desenvolvimento de ferramentas mais poderosas e fáceis de usar para os alunos, e pesquisas acadêmicas mais rigorosas sobre aprendizagem em espaço maker.

Hoje o conhecimento é apresentado de forma pronta e estruturada, quase como se tivesse sido fabricado. O estudante consome as aulas - sem compreender como certos conceitos foram criados, com foco apenas no conteúdo que cada disciplina tem a transmitir. Enquanto que na abordagem de aprendizagem por resolução de problemas (ou desafios), tão disseminada em espaços de educação maker, é preciso quebrar os problemas em partes, partir de pressupostos para então chegar à solução, formulando teorias e construindo-as por meio da experimentação. Neste sentido, a educação associada ao movimento maker é diferenciada em relação às aulas tradicionais porque o aluno adquire ferramentas para compreender e aprimorar os conhecimentos recebidos nas aulas expositivas, ou seja, o estudante aprende a aprender (Brockveld et al., 2017).

De acordo com um relatório da UNESCO, Delors et al. (1996) realizaram um trabalho que resultou na definição de alguns pilares para a educação no século XXI, sendo eles:

Aprender a aprender, que visa não tanto a aquisição de um repertório de saberes codificados, mas antes o domínio dos próprios instrumentos do conhecimento pode ser considerado como um meio e como uma finalidade da vida humana;

Aprender a fazer, que consiste em exercitar a flexibilidade cognitiva, pensar criticamente e fazer boas escolhas para construir melhores soluções para problemas. Ela está mais estreitamente ligada à questão da formação profissional em como ensinar o aluno a pôr em prática os seus conhecimentos e, também, como adaptar a educação ao seu futuro trabalho;

Aprender a conviver, colocar-se no lugar do outro, usar de empatia e trabalhar em cooperação. Sem dúvida, esta aprendizagem representa, hoje em dia, um dos maiores

desafios da educação. A opinião pública, através dos meios de comunicação social, torna-se observadora impotente e até refém dos que criam ou mantêm os conflitos e por fim;

Aprender a ser, que afirma que o ser humano deve ser preparado, especialmente graças à educação que recebe na juventude, a elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir, por si mesmo, como agir nas diferentes circunstâncias da vida.

O MannaKDT também busca trabalhar com a STEAM, que é o termo amplo usado para agrupar as disciplinas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática. A sigla foi adotada pela *National Science Foundation* (NSF) em 2001 e trata de um método que busca integrar conhecimentos. Os estudantes desenvolvem projetos, fazem protótipos, constroem soluções e são protagonistas no processo de ensino-aprendizagem, além de aprenderem a não desistir e a concluir suas tarefas.

2.8.2 Dividir para Conquistar

A ideia da divisão e conquista computacional teve início em 1980 com Bentley (1980), quando o mesmo propôs dividir um problema algorítmico extenso em pequenas partes para que então, o resultado final fosse encontrado. Esse conceito foi levado para a área pedagógica e, assim, aplicado ao ensino.

Essa aplicação no meio educacional é apresentada por Denning (2017) e que explica as habilidades de *design* e criação de *software*, por exemplo, consideram um conjunto de conceitos de resolução de problemas, como representação, divisão e conquista, abstração, ocultação de informações, verificação e raciocínio lógico. Por outro lado Lu e Fletcher (2009), afirmam que para resolver o problema, verifica-se cada estado individualmente, mas também podemos usar dividir e conquistar para remover respostas incorretas.

O trabalho de Li (2016) dividiu o pensamento computacional em três partes: a) Ciência da Computação; b) Ciência computacional; e c) Todas as áreas. Na Ciência da Computação, ele utiliza o computador e seus métodos para resolver problemas reais; na ciência computacional ele converte os problemas do mundo real para o computador e em todas as áreas ele foca em como resolver os problemas de outros assuntos diferentes da computação. A metodologia de dividir e conquistar foi aplicada para auxiliar a codificação.

No trabalho de Bauer et al. (2015), também foi utilizada a metodologia de dividir e conquistar, entretanto focou-se na programação em blocos por meio de um jogo chamado *Dragon Architect* para propagar o pensamento computacional. Chaudhary et al. (2016) também utiliza um jogo chamado *Scratch* como auxílio. Eles criaram um acampamento

de verão para aplicar essas metodologias e, uma das propostas, era ensinar o pensamento computacional com o kit de robótica educacional da Lego.

2.8.3 Aprendizagem Baseada em Problemas

Uma das práticas seguidas à prática de divisão e conquista é a aprendizagem baseada em problemas, que também é conhecida como aprendizagem baseada em desafios. Nessa metodologia ativa, de Souza e Dourado (2015) afirmam que é um método de aprendizagem que, nos últimos anos, tem conquistado espaço em inúmeras instituições educacionais de ensino superior (nos cursos de graduação e pós-graduação) e no ensino básico em diversas disciplinas.

A aprendizagem baseada em problemas tem como base os princípios da escola ativa, do método científico, de um ensino integrado e integrador dos conteúdos, dos ciclos de estudo e das diferentes áreas envolvidas, em que os alunos aprendem a aprender e se preparam para resolver problemas relativos às suas futuras profissões (Moran, 2018). O autor completa informando que o método propõe uma matriz não disciplinar ou transdisciplinar, organizada por temas, competências e problemas diferentes, em níveis de complexidade crescentes, que os alunos deverão compreender e equacionar com atividades em grupo e individuais. Cada um dos temas de estudo é transformado em um problema a ser discutido em um grupo tutorial que funciona como apoio para os estudos.

Por outro lado, a aprendizagem baseada em problemas também é conhecida como aprendizagem baseada em projetos. Essa aprendizagem é uma metodologia onde os alunos envolvem-se com tarefas e desafios para desenvolver um projeto que também tenha ligação com sua vida fora da sala de aula. No processo, eles lidam com questões interdisciplinares, tomam decisões e agem sozinhos e em equipe. Por meio dos projetos, são trabalhadas também suas habilidades de pensamento crítico, criativo e a percepção de que existem várias maneiras para a realização de uma tarefa, tidas como competências necessárias para o século XXI. Os alunos são avaliados de acordo com o desempenho durante e na entrega dos projetos (Moran, 2018).

Por fim, (Moran, 2018) afirma que o papel do professor hoje é muito mais amplo e avançado: não está centrado só em transmitir informações de uma área específica; ele é principalmente *design* de roteiros personalizados e grupais de aprendizagem e orientador/mentor de projetos profissionais e de vida dos alunos.

2.8.4 Sala de Aula Invertida

Um dos modelos mais interessantes de ensinar, é o de concentrar no ambiente virtual o que é informação básica e deixar para a sala de aula as atividades mais criativas e supervisionadas. É o que se chama de aula invertida. A combinação de aprendizagem por desafios, problemas reais, jogos, com a aula invertida é muito importante para que os alunos aprendam fazendo, aprendam juntos e aprendam, também, no seu próprio ritmo. Os jogos e as aulas roteirizadas com a linguagem de jogos cada vez estão mais presentes no cotidiano escolar. Para gerações acostumadas a jogar, a de desafios, recompensas, de competição e cooperação é atraente e fácil de perceber (Morán, 2015).

De acordo com (Oliveira et al., 2016), a sala de aula invertida propõe que os alunos conheçam e estudem o conteúdo em casa e o tempo disponível em aula que, tradicionalmente, é ocupado por longas exposições orais do professor, é utilizado para que os alunos estudem, interagindo ativamente com seus colegas e professor. Nela, os alunos entram em contato com os tópicos a serem discutidos em sala por meio de atividades prévias às aulas. Em sala de aula, os alunos usualmente de forma colaborativa, realizam atividades experimentais, de simulação computacional e/ou resolução de problemas.

2.8.5 Estudo de Caso

Berbel (2011) afirma que as metodologias ativas tem o potencial de levar os alunos à sua autonomia de aprendizagem. Para isso uma das metodologias ativas que colaboram com essa afirmação é o estudo de caso. Essa metodologia faz com que o aluno seja levado à análise de problemas e tomadas de decisões. Os alunos empregam conceitos já estudados para análise e conclusões em relação ao caso, como por exemplo, pode ser utilizado antes de um estudo teórico de um tema, com a finalidade de estimular os alunos para o estudo.

Fortalecendo a definição dessa metodologia ativa, Gil (2000) explica que o professor apresenta à classe uma ocorrência ou incidente de forma resumida, sem oferecer maiores detalhes. A seguir, coloca-se à disposição dos alunos para fornecer-lhes os esclarecimentos que desejarem. Após a sessão de perguntas, a classe é subdividida em pequenos grupos e os alunos passam a estudar a situação, em busca de explicações ou soluções.

Dessa forma, esta técnica serve para alertar os alunos sobre a necessidade de um maior número de informações quando se quer analisar fatos não presenciados. Por outro lado, requer um maior preparo do professor, assim como de materiais relacionados ao assunto abordado (GIL, 1990).

2.8.6 Gamificação

O termo *gamificação* foi definido por Kapp (2012) como sendo o uso de mecânicas, estéticas e pensamentos baseados em jogos para engajar pessoas, motivar a ação, promover a aprendizagem e resolver problemas. Para Alves (2018) a evolução das gerações atuais de alunos cresceu juntamente com o avanço da tecnologia e, conseqüentemente, o acesso à informações ascendeu. Por esse motivo essas gerações tem contato com jogos digitais (games). O aluno que exerce tal atividade nos celulares ou videogames, está em constante interação com a tela e os controles para a execução de suas ações.

Como um jogo está na área do lúdico e normalmente acaba envolvendo o jogador através de uma narrativa e outros elementos (como desafios, conquistas, vitórias e outros), acaba se tornando uma atividade interessante (ALVES, 2018). A ideia dessa metodologia ativa parece inovadora, mas ela já é estudada desde 1964 quando Vygostky (1964) refere-se que o ato de brincar como a possibilidade de materialização simbólica de conceitos abstratos, permitindo realizar simulações mentais para verificar a execução de suas ações.

O avanço da tecnologia nos permite envolver os alunos em uma aplicação multidimensional que, por meio da internet, permite que eles estejam jogando em uma mesma realidade (online) porém em localidades diferentes (suas casas). Usar a gamificação como ferramenta de aprendizagem contempla as ideias apresentadas anteriormente, reunindo o útil ao agradável, o lúdico à aprendizagem.

2.8.7 Aprendizagem Baseada em Times

No artigo de Rocha e Lemos (2014) é explicado que a aprendizagem baseada em times é projetada para fornecer aos alunos conhecimento tanto conceitual quanto processual. Os alunos são organizados em grupos permanentes e o conteúdo do curso é dividido em grandes unidades (geralmente cinco a sete). As atribuições da equipe devem visar o uso de conceitos da disciplina para tomada de decisão, de forma a promover a aprendizagem por meio da interação do grupo.

Contemplando o que foi descrito anteriormente, Yepes (2020) diz que essa metodologia ativa costuma ser direcionada para turmas com muitos alunos. Os times formados trabalham dentro do mesmo espaço físico (em geral, na sala de aula). As atribuições da equipe devem visar o uso de conceitos da disciplina para tomada de decisão, de forma a promover a aprendizagem por meio da interação do grupo. Antes de qualquer trabalho em sala de aula, os alunos devem estudar materiais específicos.

Por fim, é executado um pequeno teste sobre as ideias-chave a partir das leituras individuais dos alunos; em seguida, o teste é refeito em grupo, chegando a um consenso

sobre as respostas da equipe. Os alunos recebem *feedback* imediato sobre o teste da equipe e, em seguida, oportunizar os alunos para que, caso eles sintam que é necessário, apresentar argumentos válidos para as respostas julgadas erradas (Rocha e Lemos, 2014).

2.8.8 Peer Instruction

É um método de ensino-aprendizagem introduzido por Erik Mazur, em 1991, na Universidade de Harvard nos Estados Unidos, com o objetivo dos alunos se envolverem no processo de aprendizagem e compreenderem de forma mais significativa os conceitos de conteúdos já lidos ou vivenciados (da Silva Santos, 2019).

A cartilha da Capes desenvolvida por da Silva Santos (2019) descreve as etapas necessárias a serem seguidas nesse método:

- O professor inicia a aula fazendo uma mini-exposição ou oferecendo uma leitura base sobre o conteúdo a ser trabalhado;
- O professor lança uma questão aos estudantes, para que os mesmos reflitam e encontrem uma resposta correta;
- Em seguida o professor avalia a quantidade de acertos individuais na sala. Se mais de 70% dos alunos acertaram a questão, significa que compreenderam o conteúdo. Se menos de 30% dos alunos acertarem a questão, significa que os alunos não compreenderam o conteúdo e este precisa ser trabalhado novamente com uma nova abordagem de ensino. Se o percentual for entre 30 à 50%, sem falar a resposta, o professor divide a sala em pequenos grupos para que os alunos utilizem sua capacidade de argumentação para convencer os colegas que sua resposta está correta.
- Após todos assinalarem a resposta, o professor diz a resposta correta e abre-se uma discussão sobre as respostas informadas, justificando cada uma delas e criando um ambiente de discussão e debate sobre o tema proposto.

Essa metodologia ativa também é conhecida como aprendizagem em pares e conforme descrita na dissertação de Yepes (2021). Ele também afirma que é uma metodologia que visa fazer com que os alunos aprendam enquanto debatem entre si, com base em um tema definido pelo professor. Nessa metodologia os alunos são instigados por perguntas conceituais (na maioria das vezes de múltipla escolha), direcionadas para indicar suas dificuldades e propiciar uma oportunidade de pensar sobre conceitos desafiadores. Essa técnica promove a interação em sala de aula, com o envolvimento dos alunos na abordagem de aspectos críticos da disciplina.

2.9 Kits de tecnologia

Na literatura, são raras as iniciativas para se explicar *hardware*, e para popularizar a tecnologia a partir do entendimento da eletrônica. O trabalho de Reisslein et al. (2012), utilizou um kit educacional da *Snap Circuits* como uma ferramenta de ensino de eletrônica. Com tal pesquisa, foi possível mensurar o entendimento, satisfação e carga cognitiva de alunos dos ensinos fundamental e médio a partir da utilização do kit, além de abordar temas como diferenciação de representações abstratas e concretas de circuitos elétricos.

O trabalho de Cunha et al. (2016) apresenta o *DidacTronic*, um kit de desenvolvimento e prototipagem para eletrônica digital e analógica circuitos. *DidacTronic* é uma plataforma portátil e de baixo custo cujo objetivo é incluir alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e alunos do ensino médio no mundo inovador da tecnologia e motivá-los a aprender fazendo trabalho de *design*. Um dispositivo como esse permite que eles vejam os conceitos apresentados nas aulas teóricas, como física e eletrônica. O *DidacTronic* se conecta a tablets e smartphones, por meio de módulo *Bluetooth* do Arduino, para que os alunos possam usá-los como um visor para monitorar sinais, entradas e saídas dos circuitos. A plataforma usa o Arduino com *ATmega 328* e está organizado em três módulos: osciloscópio, multímetro e gerador de funções. Neste contexto, o MannaKDT poderia fazer uso do *DidaticTronic* porque eles são complementares. Em um dos kits do MannaKDT, a maleta leva até a casa do estudante um multímetro e uma das funcionalidades do *DidaticTronic* é um multímetro.

O trabalho Papert (1990) apresenta o LOGO, uma linguagem de programação para ambiente escolar desenvolvida pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos). O trabalho descreve como as crianças poderiam programar computadores para controlar robôs, compor músicas, criar jogos, fazer desenhos, etc. Em Papert e Harel (1991a), os autores criam o conceito do construcionismo e as bases para a robótica educacional. O sistema de conjunto de construção programável *Lego Mindstorms* recebeu este nome com base neste trabalho, sendo que o LEGO são blocos de montar fabricados por uma empresa dinamarquesa. O MannaKDT tem esta inspiração em sua maleta maker constituída de peças que podem ser montadas em diferentes configurações para que se possa oferecer o ensino-aprendizagem de diferentes conteúdos de eletrônica e computação.

No trabalho de Li (2015), os autores apresentam um estudo de caso da implementação de uma abordagem baseada em projetos (PBL) para um curso de Engenharia Eletrônica em Tiajin. Mendoza et al. (2016) trata do ensino e métodos de avaliação para projetos de sistemas embarcados em tempo real baseados em microprocessadores, sendo o método

utilizado a aprendizagem baseada em projetos. Costa et al. (2017) apresenta um protótipo de um kit educacional composto por uma ferramenta de simulação e uma plataforma de hardware reconfigurável com o amplificador operacional *uA741*. Estes trabalhos já estão direcionados para os futuros profissionais da engenharia e da eletrônica sendo aplicados em universidades e cursos técnicos. O MannaVolt é dedicado a todo o tipo de público com objetivo de despertar a genialidade e a propulsão além do ensino-aprendizagem do pensamento computacional e da eletrônica.

Garcia-Zubia et al. (2016) levanta a hipótese do uso de laboratórios remotos na aprendizagem, indicando que os mesmos podem produzir um efeito positivo em tal aprendizagem dos alunos a partir de uma atividade desenvolvida na Internet para controlar e medir um cenário experimental. Em síntese, eles criam laboratórios virtuais existentes como simuladores para substituir laboratórios reais de prática em eletrônica analógica básica. Diferente do trabalho de Garcia-Zubia et al. (2016), o MannaVolt não é apenas uma oficina virtual nem tão pouco apenas uma oficina real. Ele é um arcabouço maker em que os estudantes podem tocar nas peças e realizar as montagens em casa ou no ambiente educacional aprendendo a fazer, aprendendo a conhecer, bem como aprendendo a ser e aprendendo a conviver uma vez que se torna parte da cultura maker no espaço virtual.

2.10 Monitoramento do processo de aprendizagem: Como medir?

A Educação 5.0 ainda é uma área incipiente de pesquisa porque ela está na interseção de muitas áreas, em particular, das tecnologias, da educação e da neurociência. É preciso o envolvimento de talentos e pesquisadores das áreas de tecnologia para que os produtos de difusão científica e tecnológica possam ser desenvolvidos. É preciso buscar nas outras áreas técnicas e/ou métodos para se monitorar o processo de aprendizagem e medir o resultado da intervenção tecnológica e de empoderamento.

Métodos avaliativos que medem o conhecimento e o aprendizado de alunos têm sido aplicados para realizar o monitoramento do processo de aprendizagem, em especial, em análises relacionadas ao pensamento crítico e computacional durante a realização de aulas e experimentos. Durante a pandemia, as aplicações de alguns métodos foram afetados, pois dependiam de aplicações no mesmo espaço e tempo do professor. Isso reforça que os modelos ensino-aprendizagem e seus mecanismos de medida ainda estão presos ao espaço físico, ao tempo (todos ao mesmo tempo) e da forma um-para-muitos.

Das técnicas e modelos estudados, foram identificados na literatura questionários avaliativos, taxonomias e conceitos educacionais, tais como o questionário VARK, Teste de Cornell, Taxonomia de Bloom, Taxonomia de Ennis e Taxonomia SOLO. Todos esses mecanismos são baseados em questões alternativas ou dissertativas, desenvolvidos com base na literatura estudada.

2.10.1 VARK

Embora existam várias ferramentas para estudar os estilos de aprendizagem dos alunos, o questionário *visual-aural-read/write-kinesthetic* (VARK) é uma ferramenta simples, disponível gratuitamente e fácil de administrar que incentiva os alunos a descrever seu comportamento de uma maneira que eles possam identificar qual o modo que os fazem aprender. O objetivo é compreender a modalidade (ou modalidades) sensorial preferida dos alunos para a aprendizagem. Os professores podem usar esse conhecimento para facilitar a aprendizagem dos alunos. Além disso, os próprios alunos podem usar esse conhecimento para mudar seus hábitos de aprendizagem (Urval et al., 2014).

O questionário VARK (Fleming e Mills, 2001), como o próprio nome diz, é dividido em quatro modalidades sensoriais de ensino/aprendizagem que são:

- **Visual (V):** Inclui a representação de informações em mapas, diagramas, gráficos, fluxogramas, diagramas rotulados e outros dispositivos apresentados visualmente. Quando um quadro branco é usado para desenhar um diagrama com símbolos significativos para a relação entre diferentes coisas, isso será útil para aqueles com uma preferência Visual⁷.
- **Auditivo (A):** Descreve uma preferência por informações que são "ouvidas ou faladas". Os alunos que têm isso como sua principal preferência relatam que aprendem melhor com palestras, discussão em grupo, rádio, usando telefones celulares, falando, *webchats* e conversando. A preferência auditiva inclui falar em voz alta e também consigo mesmo⁸.
- **Leitura-Escrita (R):** Essa preferência é para informações exibidas como palavras. Não é de surpreender que muitos professores e alunos tenham uma forte preferência por esse modo. Pessoas que preferem esta modalidade utilizam *PowerPoint*, Internet, listas, diários, dicionários, citações e palavras⁹.

⁷<https://vark-learn.com/strategies/visual-strategies/>

⁸<https://vark-learn.com/strategies/aural-strategies/>

⁹<https://vark-learn.com/strategies/readwrite-strategies/>

- **Cinestético (K):** Por definição, esta modalidade se refere à “preferência perceptual relacionada ao uso da experiência e prática (simulada ou real)”. Inclui demonstrações, simulações, vídeos e filmes de coisas “reais”, bem como estudos de caso, práticas e aplicações. A chave é a realidade ou natureza concreta do exemplo. Se puder ser agarrado, segurado, provado ou sentido, provavelmente será incluído. Uma tarefa que requer os detalhes de quem fará o quê e quando é adequada para aqueles com essa preferência, como um estudo de caso ou um exemplo prático do que é pretendido ou proposto¹⁰.

O aprendizado online pode apresentar desafios para aqueles que preferem usar certos modos de aprendizagem: visual-audível-leitura/escrita e tátil. É relativamente simples para os materiais de aprendizagem escritos serem distribuídos aos alunos, seja em uma forma impressa ou online, e esses materiais podem facilmente conter os mesmos gráficos, tabelas, diagramas e mapas que seriam usados em uma sala de aula. Tradicionalmente, tem sido mais difícil, no ensino à distância, fornecer materiais usando os modos auditivo ou cinestésico do VARK, mas até certo ponto, os avanços da tecnologia facilitaram uma gama de alternativas para as formas como essas modalidades são normalmente usadas em sala de aula (Fleming e Mills, 2001).

2.10.2 Taxonomia de Bloom

Durante os estudos para este trabalho, percebeu-se que alguns fatores não foram incluídos, tais como os fatores humanos sendo eles o entusiasmo gerado nos estudantes, suas motivações e melhorias de desempenho e comportamento não são considerados. A fim de entender o ensino-aprendizagem do aluno durante o processo educacional, algumas taxonomias foram aplicadas. Uma dessas taxonomias é a de Bloom.

De acordo com Ferraz e Belhot (2010), decidir e definir os objetivos de aprendizagem significa estruturar o processo educacional de modo a oportunizar mudanças de pensamentos, ações e condutas. Essa estruturação é resultado de um processo de planejamento que está diretamente relacionado à escolha do conteúdo, procedimentos, atividades, recursos disponíveis, estratégias, instrumentos de avaliação e da metodologia a ser adotada por um determinado período de tempo.

Segundo Bloom et al. (1956), a taxonomia de Bloom tem como objetivo ajudar no planejamento, organização e controle dos objetivos de aprendizagem. Para isso, pesquisadores utilizam-se dessa terminologia conceitual baseada em classificações estruturadas

¹⁰<https://vark-learn.com/strategies/kinesthetic-strategies/>

e orientadas para definir algumas teorias instrucionais. Duas vantagens destacam-se na utilização da taxonomia no contexto educacional:

- Oferecer a base para o desenvolvimento de instrumentos de avaliação e utilização de estratégias diferenciadas para facilitar, avaliar e estimular o desempenho dos alunos em diferentes níveis de aquisição de conhecimento; e
- Estimular os educadores a auxiliarem seus discentes, de forma estruturada e consciente, a partir da percepção da necessidade de dominar habilidades mais simples (fatos) para, posteriormente, dominar as mais complexas (conceitos).

A classificação proposta por Bloom dividiu a aprendizagem em três domínios: cognitivo, afetivo e psicomotor. O domínio cognitivo abrange a habilidade intelectual sendo ela focada na memorização de fatos específicos, interpretação de problemas, aplicação do conhecimento em outras situações e estabelecimento de padrões. O domínio afetivo trata de reações de ordem afetiva e de empatia, como por exemplo participação ativa, disposição nas respostas e nas atividades, aceitação e compromisso. Por fim, o domínio psicomotor trata de habilidades relacionadas a manipulação de objetos e ferramentas. Nela estão habilidades como manipulação, organização e adaptação (Mamede e Abbad, 2017).

Para Selby (2015), a adequação do uso de taxonomias na pesquisa sobre programação é apoiada em vários estudos. É possível atribuir habilidades aos níveis do domínio cognitivo de acordo com a taxonomia de Bloom. Ele indica que seu trabalho conseguiu ser incluso dentre os domínios propostos por Bloom. Por outro lado, ele também afirma que existem habilidades do pensamento computacional que ainda são difíceis de dominar, como a habilidade de programar.

Dessa forma, pode-se constatar que é possível incluir a taxonomia de Bloom dentro do ensino do pensamento computacional e utilizá-la como um método avaliativo para a obtenção de resultados.

2.10.3 Taxonomia SOLO

O nome, Taxonomia SOLO, vem do acrônimo de *Structure of Observing Learning Outcome*, e tem como principal função avaliar em uma escala de complexidade cognitiva o processo mental e o raciocínio. Para Biggs e Collis (2014) aprender significativamente quer dizer dar significado ao conhecimento existente, envolvendo o sujeito que aprende em duas tarefas: conhecer fatos, capacidades, conceitos ou estratégias de resolução de problemas; e usar aqueles fatos, capacidades, conceitos ou estratégias de resolução de problemas.

A taxonomia SOLO descreve cinco níveis de respostas dos alunos: (1) Pré-Estrutural; (2) Uniestrutural; (3) Multiestrutural; (4) Relacional; e (5) Abstrato Entendido. A resposta Pré-Estrutural é o tipo de resposta menos sofisticada que um aluno pode dar. Em termos de leitura e compreensão de um pequeno trecho de código, um aluno que dá uma resposta pré-estrutural está manifestando um equívoco significativo de programação ou está usando um preconceito que é irrelevante para a programação. A resposta Uniestrutural é uma resposta em que o aluno manifesta uma compreensão correta de alguns, mas não de todos os aspectos do problema. A resposta Multiestrutural é uma resposta em que o aluno manifesta uma compreensão de todas as partes do problema, mas não manifesta a consciência entre as relações entre essas partes. Como exemplo, aluno não consegue ver a floresta para além das árvores. A resposta Relacional é uma resposta em que o aluno integra as partes do problema em uma estrutura coerente e usa essa estrutura para resolver a tarefa. Em um exemplo, o aluno consegue ver a floresta. Por fim, a resposta Abstrata Entendida é a resposta do aluno vai além do problema imediato a ser resolvido e liga o problema a um contexto mais amplo (Lister et al., 2006).

A Figura - 2.2 apresenta um quadro de Hattie e Brown (2004), adaptado por Mol e Matos (2019), que mostra alguns exemplos de respostas e suas classificações sobre uma referida pergunta.

Figura 2.2: Exemplos de respostas classificadas nos níveis SOLO.

<p>Questão: Por que escurece à noite?</p> <p>Pré-estrutural: Porque o sol vai dormir.</p> <p>Uniestrutural: Porque o sol vai para o outro lado do mundo.</p> <p>Multiestrutural: Porque a Terra está girando e o sol está rodeando a Terra.</p> <p>Relacional: Fica escuro à noite, porque o sol circunda um lado da Terra em 12 horas, é o dia; e, nas outras 12 horas, o sol está circundando o lado oposto da Terra, é quando escurece e vira noite.</p> <p>Abstrato estendido: A Terra é esférica e gira sobre seu eixo norte-sul. Enquanto está em rotação, em um momento, a metade da esfera terrestre que enfrenta o sol estará em luz, enquanto a metade oposta será na sombra. Como a Terra está continuamente em rotação, um ponto na superfície da Terra passará alternadamente por meio da metade iluminada e a metade sombreada.</p>

Fonte: Mol e Matos (2019).

Dessa forma para a sequência do desenvolvimento desse trabalho, será desenvolvido um questionário SOLO para as aplicações, baseado nos conceitos propostos da referida taxonomia. Isso será devidamente tratado em seções posteriores.

2.10.4 Taxonomia de Ennis

As taxonomias existem como métodos de classificação da ciência. Dessa forma, outra taxonomia utilizada no trabalho será a Taxonomia de Ennis. A proposta de Ennis (1985) afirma que ao decidir no que acreditar ou fazer, somos ajudados pelo emprego de um conjunto de disposições e habilidades de pensamento crítico. Para que pensadores críticos apresentem seus ideais, eles devem estar dispostos a:

- Cuidar para que suas decisões sejam justificadas.
- Buscar hipóteses alternativas, explicações, conclusões, planos e fontes.
- Considerar outros pontos de vista.
- Estar bem informado.
- Usar suas habilidades de pensamento crítico.

Em continuidade a definição dessa taxonomia, Ennis (1985) apresenta as habilidades do pensamento crítico. Essas habilidades são: Clarificação elementar; Suporte básico; Inferência; Clarificação elaborada; e Estratégias e táticas.

A clarificação elementar consiste em selecionar uma questão, identificar e formular um critério de julgamento para possíveis respostas, analisar argumentos, encontrar conclusões e realizar perguntas que auxiliem na clarificação das questões, como por exemplo "Por que?", "O que você quer dizer?", "Quais são os fatos?", entre outros.

Outra habilidade apresentada é o suporte básico. Neste conceito, deve-se avaliar a credibilidade de uma fonte utilizando um critério crítico bem definido, saber os riscos de aceitar uma opinião, observar e julgar as fontes.

A habilidade de inferência condiz com a dedução, indução e explicação dos fatos. Para isso deve-se utilizar a lógica, interpretação, criar hipóteses explanatórias, analisar os fatos e consequências de aceitação, e alternativas que podem ser geradas.

Por fim, as últimas habilidades são clarificação elaborada e estratégias e táticas. A clarificação elaborada tem como característica a definição de termos e sua avaliação. Nessa habilidade, deve-se pressupor argumentos e pensamentos, estabelecendo um critério apropriado para análise desse pensamento crítico. A habilidade de estratégias e táticas consiste em elaborar planos para a resolução do seu problema, organizar seu pensamento para que possa argumentar sobre o assunto por meio do seu pensamento crítico.

Pensamento computacional aplicado

Como mencionado no capítulo 1, este trabalho de dissertação foi diretamente impactado pela pandemia. O trabalho inicialmente proposto e definido como Qualificação de mestrado tinha como objetivo o estudo de práticas educacionais voltadas ao ensino do pensamento computacional para jovens com transtorno do espectro autista. As primeiras fases do trabalho foram desenvolvidas e os resultados iniciais podem ser analisados em Pereira et al. (2018).

A aplicação do estudo desenvolvido foi dividido em três etapas: o ensino do funcionamento do computador e pseudocódigo; introdução ao pensamento computacional por meio da programação; problemas de interesse com a resolução de problemas do mundo real empregando a técnica de programação em pares, aliada a estratégia de aprendizagem baseada em desafios.

De início foi explicado ao aluno conceitos básicos sobre Hardware, Software e pseudocódigo. Buscando despertar o interesse de um aluno com espectro autista e que possui déficit de atenção, foi necessário utilizar uma abordagem interativa, apresentando componentes físicos do computador para explicar o que era hardware e trazer assuntos de seu interesse para explicar o que era software. Nessa etapa apresentou-se componentes como: HD, memória, drive de cd, placa de rede, placa mãe, entre outros. Na sequência foi explicado ao aluno qual a função de cada um desses componentes dentro do computador. Para a segunda definição associou-se o gosto do aluno com jogos computacionais e dessa forma foi possível o entendimento do que é software. Todos esses conceitos foram apresentados na primeira aula.

O passo seguinte tratava da desmistificação do conceito de software. Para tanto, foi fornecido um cenário desafiador para o aluno dedicar-se à abstração, organização mental e

sugestão de soluções. Este exercício estava intimamente relacionado com algumas funções executivas que exercitam o foco, a seleção dos dados, o tratamento de distratores e o exercício da criatividade. Em um diálogo direcionado, o aluno foi sendo questionado como ele resolveria o desafio. Diante da solução apresentada, transcreveu-se a resposta. Ao final, a resposta foi reformulada em formato de pseudocódigo para que o aluno entendesse a importância da sequência lógica e da redução de ambiguidades.

Depois que um primeiro exemplo foi apresentado e trabalhado, o aluno foi desafiado a resolver outras situações empregando o pseudocódigo. Assim, nasceu o interesse do aluno em exercitar o desenvolvimento da lógica para encontrar soluções para os exercícios propostos. A pluralidade de exemplos fizeram o aluno entender que havia uma gama de caminhos possíveis para encontrar um resultado final.

Com esse conceito inicial de que existem diversas formas de resolução de problemas, optou-se por ensinar o pensamento computacional ao aluno por meio da programação. Por ser portador de déficit de atenção, verificou-se que o aluno despertava muito interesse na parte prática do desenvolvimento, aprendendo rapidamente algumas palavras reservadas da linguagem Pascal e a estrutura básica para se elaborar um código.

Na etapa anterior foi trabalhada com o aluno a formação de pseudocódigos e lógica computacional por meio de alguns exercícios. Esses mesmos exercícios foram apresentados ao aluno, porém desta vez, com resoluções em código. Notou-se que com essa familiaridade e o interesse do aluno, as aulas fluíram muito bem e o aluno apresentou uma grande clareza com relação ao entendimento do que foi proposto.

Buscando apresentar uma linha de raciocínio contínua ao aluno, apresentou-se então problemas do mundo real para a resolução algorítmica. Com um exemplo real o aluno poderia pensar melhor na solução do exercício e empenhar-se para encontrar uma resposta correta. Ao ser apresentado à problemas onde a aplicação não era prática no cotidiano ou que não despertava tanto o interesse do aluno, percebeu-se que ele levava mais tempo para entender e para organizar suas ideias.

Uma das estratégias no ensino de algoritmos é a repetição, o que pode ocasionar desinteresse por parte do aprendiz. Por isso, optamos por explorar o interesse automotivo do aluno, identificado por meio de entrevistas. Dessa forma, elaboramos exercícios onde a palavra "carros" era constante. Como por exemplo, ao invés de propor um exercício como: "Dado uma circunferência, calcule o raio e o diâmetro da figura", propomos um problema onde: "Um carro de uma determinada marca está em exposição. Calcule o raio e o diâmetro da roda." Ao aplicar essa abordagem, averiguamos que o aluno empenhava-se mais em resolver o exercício e chegar a uma solução.

Outra abordagem de ensino utilizada foi a programação em pares. No início das atividades, quando o aluno ainda não possuía um pensamento computacional formalizado e uma lógica mais aguçada, a baixa familiaridade dele com a codificação acabava por atrapalhar o desenvolvimento do trabalho. Embora tenha sido explicada a linguagem de programação e sua estrutura de utilização ainda era notória a dificuldade em iniciar o desenvolvimento dos desafios. Para auxiliar o raciocínio lógico do aluno o instrutor iniciava o código e estruturava algumas etapas da solução. Perguntas como "Quais as informações que precisamos para resolver esse desafio?", "Quais são as respostas desse desafio?", "Quais cálculos são necessários para resolver esse desafio?", "O que significa essa palavra reservada?" ou "O que relaciona um bloco de instruções?", foram sendo feitas para que o aluno conseguisse se organizar mentalmente. Após essa troca de informações, o aluno assumiu o controle e conseguiu desenvolver a parte lógica do problema. Com o passar do tempo o aluno adquiriu sua independência no desenvolvimento de algoritmos.

Devido ao déficit de atenção do aluno por muitas vezes foi difícil mantê-lo centrado para a realização do desenvolvimento do problema ofertado. A saída encontrada para despertar o interesse do aluno na resolução de um problema foi então utilizar da estratégia de aprendizagem baseada em problemas. Quando essa técnica foi aplicada, o aluno reconheceu a abordagem desafiadora e passou a ter um incentivo maior para resolver os problemas indicados. Percebeu-se que seu rendimento e seu foco eram maiores quando ele estava entretido em encontrar a resposta de um problema proposto.

3.1 Validação e Resultados

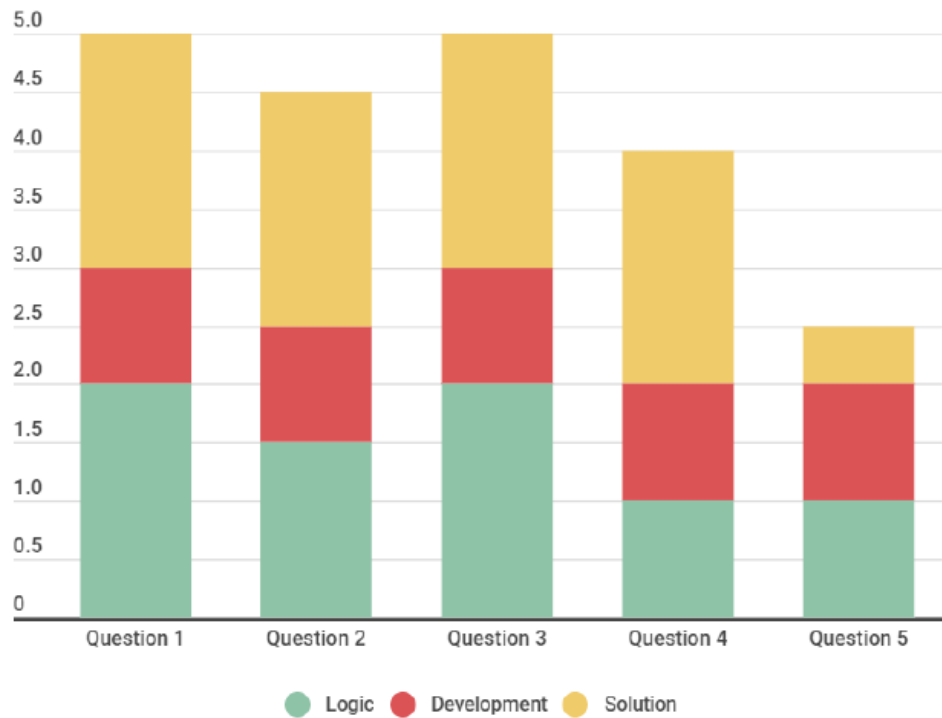
Para avaliar a metodologia proposta, deve-se discutir alguns pontos, como: o perfil do aluno; a avaliação para obtenção de resultados e os resultados do teste aplicado seguidos de discussões sobre o desempenho do aluno.

O aluno selecionado para o desenvolvimento desse trabalho foi escolhido por fazer parte do nosso público alvo. Partindo desse princípio, viu-se a oportunidade de propagar o ensino do pensamento computacional por meio da programação. Para isso foi necessário entender que o ensino de programação exige um alto nível de raciocínio lógico e conhecimentos matemáticos. Nesse conceito, alunos de ensino médio encaixam-se no perfil citado. Como a aplicação foi realizada com apenas um aluno, informa-se que o mesmo possui 15 anos de idade e cursava o primeiro ano do ensino médio. O aluno em questão recebe apoio escolar pedagógico em uma clínica de psicopedagogia e é diagnosticado com déficit de atenção.

Como esse trabalho foi realizado anteriormente a pandemia, para a realização das atividades, as aulas eram efetuadas na residência do aluno ou do professor. A escolha do local do desenvolvimento do trabalho foi feita para que o aluno se sentisse em um ambiente seguro e que sua rigidez inicial fosse superada. Devido a compromissos escolares, por muitas vezes as aulas foram remarcadas, porém, esse empecilho foi resolvido com a reposição da aula em um dia no qual o aluno encontrava-se disponível.

A fim de avaliar o método desenvolvido, propomos as aulas durante 34 semanas, totalizando 204 horas. Antes de cada aula a ser ministrada era realizada uma revisão do conteúdo aprendido pelo aluno onde eram respondidas questões sobre a aula anterior. Ao término de uma explicação teórica do conteúdo, o aluno era submetido a exercícios sobre o assunto aprendido em aula. Essa também é uma estratégia adotada por desenvolvedores profissionais em uma abordagem adaptada da metodologia ágil chamada de *Scrum*. A ideia é que em quinze minutos de conversa a dupla se conecte com o que está fazendo, ou seja, com o desafio que está enfrentando, discuta as expectativas e planeje as ações daquele encontro.

Para avaliar o conhecimento aprendido ao término de todas as aulas, um teste foi aplicado com o objetivo de consolidar a aprendizagem do aluno. Esse teste foi dividido em três partes. Na primeira parte o professor selecionou cinco problemas diferentes e enumerou-os entre 1 e 5 gradativamente, sendo 1 o exercício mais fácil e 5 o mais difícil. Em seguida o aluno deveria encontrar a solução por meio da programação para esses exercícios e a corretude para encontrar a solução final, seria avaliada. A segunda parte consiste em pedir para o aluno enumerar de 1 a 5 quais os níveis de dificuldade que ele encontrou nos exercícios. Por fim, na terceira parte foi pedido para o aluno usar o mesmo critério de avaliação para informar quais os tipos de questão que lhe despertou mais interesse em resolver. A Figura - 3.1 mostra os acertos do aluno para cada questão. Os valores representam a correção de cada problema, na qual as respostas variam entre "0,0" (totalmente incorreta) e "5,0" (totalmente correta). Para efetuar a correção dos exercícios dividiu-se a avaliação em três pontos de correção: Lógica, valendo "2,0" pontos; Desenvolvimento, valendo "1,0" ponto e; Solução, valendo "2,0" pontos.

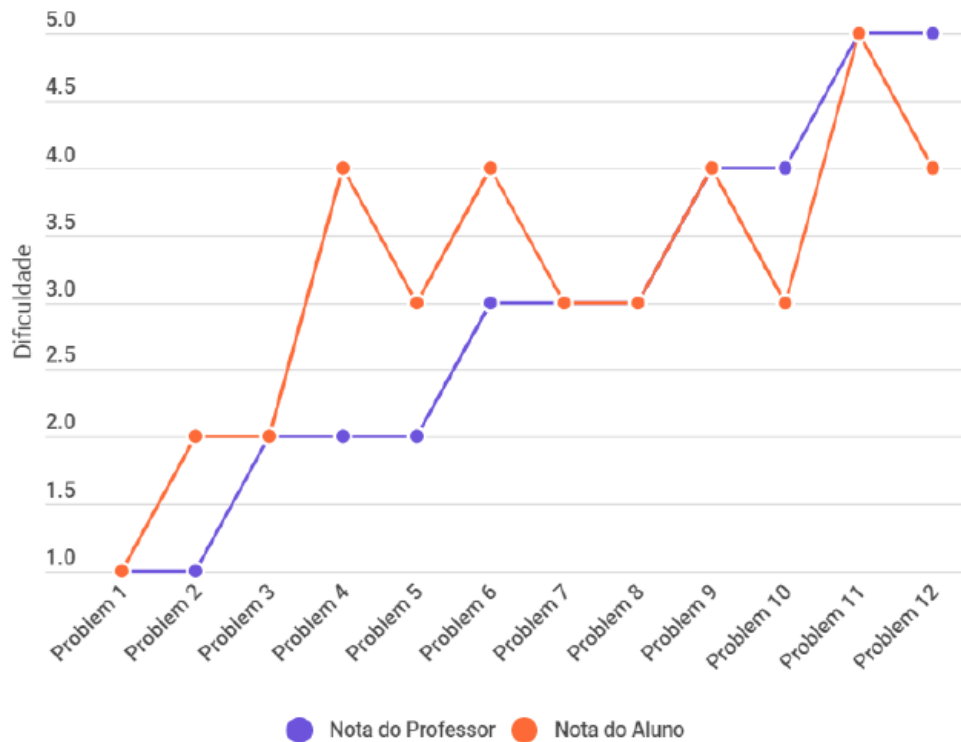
Figura 3.1: Gráfico de avaliação dos exercícios.

Fonte: Autoria própria.

Os pontos de correção foram avaliados da seguinte forma: A lógica foi avaliada como sendo o raciocínio do aluno para organizar suas ideias e entender o problema. Dessa forma, após essa modelagem, cabia ao aluno enviar esse conhecimento para o algoritmo. Na etapa de desenvolvimento foi avaliada a habilidade do aluno em transpor suas ideias ao meio computacional, organizando seu raciocínio e mostrando o domínio da linguagem. Por fim, a solução foi avaliada como sendo o quanto o aluno aproximou-se do resultado esperado.

Na segunda parte da avaliação, foram separados alguns exercícios de âmbito generalizado para que o aluno pudesse avaliá-los. Preferiu-se não escolher exercícios modificados pelo interesse do aluno, pois poderia impactar diretamente em sua avaliação individual. Para essa segunda etapa foram apresentados 12 problemas, partindo do mais fácil até o mais difícil, com as dificuldades variando entre 1 e 5. A Figura - 3.2 apresenta os resultados das notas dadas para a dificuldade do exercício pelo professor e pelo aluno.

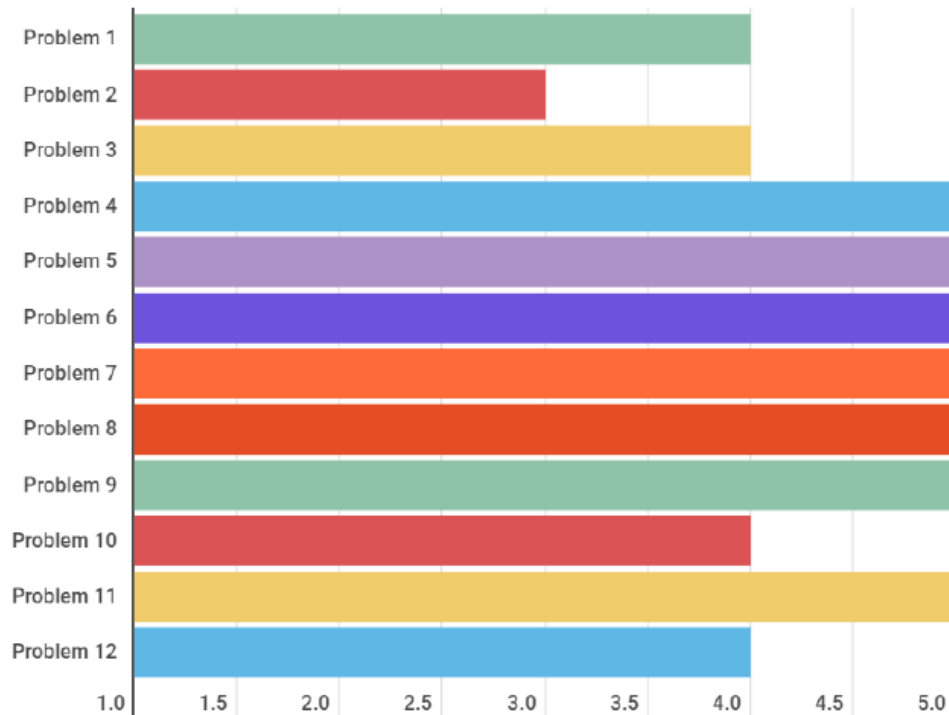
Figura 3.2: Gráfico de dificuldade dos problemas.



Fonte: Autoria própria.

Ao analisar a figura é possível perceber que os resultados foram semelhantes. Para os problemas onde existe uma diferença de nível de acordo com o aluno, é explicável que a falta de experiência do aluno tenha influenciado na avaliação.

A terceira etapa foi aplicada a fim de reconhecer o perfil do aluno e entender quais os tipos de problemas ele desenvolveu um maior interesse em resolver. Para isso, os mesmos 12 problemas anteriores foram passados e o aluno deveria avaliar de 1 a 5 quais os exercícios mais gostou de desenvolver. A Figura - 3.3 mostra a avaliação do aluno.

Figura 3.3: Gráfico de avaliação de interesse do aluno.

Fonte: Autoria própria.

Verificando a Figura - 3.3 pode-se dizer que sete exercícios foram interessantes em serem desenvolvidos pelo aluno. Outros quatro exercícios obtiveram nota "4,0" na avaliação, o que também desperta o seu interesse. A única questão em que o aluno mostrou-se menos satisfeito, foi no problema 2, onde o mesmo avaliou como nota "3,0". Isso pode ter ocorrido devido a repetição envolta do problema para que fosse encontrada a solução. Esse problema foi avaliado pelo professor com o menor grau de dificuldade. Devido a falta de desafios, o aluno então avaliou o problema com uma nota abaixo das outras. Ressalta-se que mesmo com apenas um único exercício contendo nota "3,0", o aluno ainda ficou acima da metade da nota possível. Dessa forma, pode-se concluir que o aluno despertou um interesse na programação e na solução de problemas.

3.2 Impacto na vida do aluno

Para que fosse possível compreender o real impacto do aprendizado na vida do aluno, foi aplicado um questionário com perguntas distribuídas em três dimensões: metodologia aplicada; experiências em relação ao conteúdo; e expectativas futuras. O questionário foi

composto por questões com opções de respostas graduadas de 1 a 5, múltipla escolha e questões abertas para valorizar as opiniões e sugestões do aluno. Essa aplicação ocorreu 12 semanas após o término das atividades, aguardando pela consolidação do conhecimento adquirido pelo aluno.

Com a análise das respostas foi possível traçar o perfil do aluno. O perfil desse aluno de ensino médio é direcionado ao seu interesse em tecnologia e aprendizagem computacional. Destaca-se outros interesses como por exemplo automóveis e jogos computacionais. Pelo que foi possível extrair, o aluno continuará com seus trabalhos voltados pra tecnologia em geral e isso inclui um bom princípio de pensamento computacional e programação.

O método proposto obteve desafios a serem enfrentados sendo que o primeiro deles foi romper com a dificuldade de resolução de exercício do aluno nos primeiros minutos. O uso de uma metodologia em pares auxiliou a superar essa barreira. Outro desafio enfrentado foi o de manter a frequência do estudante, mesmo quando os compromissos da rotina escolar o impediam de participar das aulas. Para a falta de tempo do aluno sempre superamos com a remarcação ou reposição das aulas.

Por fim, após a experiência e a análise dos resultados, foi possível observar que o aluno teve um bom percentual de acerto nos exercícios, sugerindo sua eficácia e indicando que o método é promissor e necessita ser utilizado com maior frequência, já que o resultado foi satisfatório.

MannaKDT: Uma abordagem prática da Educação 5.0

Esta dissertação de mestrado propõe o desenvolvimento de uma abordagem prática de aprendizagem multimodal e multidimensional para Educação 5.0. Ela foi desenvolvida durante o tempo em que o laboratório Manna e as escolas públicas estavam fechadas devido ao afastamento social imposto pela COVID-19. Este capítulo oferece uma descrição dos passos realizados para se construir essa abordagem prática de Educação 5.0 em tempos de pandemia onde não era possível reunir estudantes em um mesmo local nem tão pouco ter acesso aos laboratórios. O foco está na oportunidade de levar a cultura maker para as casas dos estudantes e assim, ampliar as dimensões da aprendizagem de tecnologia bem como os modos, com foco no modo tátil (tocar, mover, agir, criar). A abordagem é também uma experiência para o uso de dois dos vários kits *delivery* de tecnologia e engajamento do Ecossistema Manna, quais sejam: MannaVolt e MannaIno. Além disso, é possível exemplificar a ideia de uso do Manna Maker. As iniciativas e trabalhos do grupo Manna serão apresentadas na seção 4.1. Na seção 4.2 será explicado como foi realizado o desenvolvimento do ambiente de trabalho e toda a preparação envolto do mesmo e por fim, na seção 4.3 será apresentado os pré e pós-testes feitos nas aplicações.

4.1 Iniciativas e trabalhos do grupo Manna

Na seção 2.2 vimos que o grupo Manna é o grande incentivador desta pesquisa. Pôde-se explicar sobre os pilares que regem os trabalhos do grupo, porém, não foi mencionada sobre

as atividades que o grupo desenvolve. Desta forma, serão apresentadas a seguir algumas das principais iniciativas e trabalhos desenvolvidos pelo grupo e que cabem entendimento e aplicação para esta dissertação.

4.1.1 MannaVolt

O MannaVolt é um kit educacional que inclui as novas abordagens de ensino-aprendizagem utilizando a cultura maker como estímulo à criatividade e ao reconhecimento da genialidade que existe em cada um. A ideia é provocar a propulsão, o protagonismo, o mindset e despertar o estudante para a vocação em eletrônica, computação e engenharias. O MannaVolt é concebido como uma prática de vivência inovadora extra sala de aula, dentro e fora da escola. Ao se tornar o protagonista de sua própria aprendizagem o aluno também estimula seu pensamento crítico e suas habilidades cognitivas.

Por ocasião do afastamento social em tempos de pandemia de Covid-19, estudantes de escolas públicas tiveram a oportunidade de experimentar o MannaVolt como um espaço maker em casa, uma vez que eles recebem as maletas que contêm os kits de eletrônica e lógica em um esquema *delivery* de tecnologia e passam a ter acesso ao espaço maker virtual. Assim, o MannaVolt tornou-se um laboratório maker em domicílio em tempos de pandemia.

Na educação, decidir e definir os objetivos de aprendizagem significa estruturar o processo educacional de modo a oportunizar mudanças de pensamentos, ações e condutas. Essa estruturação é resultado de um processo de planejamento que está diretamente relacionado à escolha do conteúdo, procedimentos, atividades, recursos disponíveis, estratégias, instrumentos de avaliação e da metodologia a ser adotada por um determinado período de tempo (Ferraz e Belhot, 2010).

As peças do kit são impressas em 3D e preparadas com botões e componentes eletrônicos sendo colocadas em uma maleta junto com multímetro, carregador, apostila e adesivos. Essas peças são impressas em 3D usando filamento plástico ABS. No total, são aproximadamente 25 peças que formam um circuito eletrônico totalmente montável. Algumas peças necessitam de soldagem para que sejam conectadas à ímãs e encaixes. Outras peças são soldadas juntamente com um potenciômetro ou resistor. Assim que prontas e colocadas na maleta maker, o participante recebe um multímetro, carregador e adesivos. A seguir a Tabela - 4.1 apresenta os componentes dentro de um kit MannaVolt, os itens que o acompanham e sua respectiva quantidade.

Tabela 4.1: Componentes MannaVolt.

Componente	Quantidade
<i>Base</i>	1
<i>Componente 1</i>	3
<i>Componente 2</i>	3
<i>Jumper 1</i>	4
<i>Jumper 2</i>	3
<i>Jumper 3</i>	2
<i>Jumper 4</i>	2
<i>Jumper 5</i>	1
<i>Multímetro Digital</i>	1
<i>Maleta</i>	1
<i>Apostila</i>	1
<i>Adesivos</i>	1
<i>Potenciômetro</i>	1
<i>LEDS/Resistores</i>	1
TOTAL	25

Fonte: Autoria própria.

Por fim, também foi realizado um cálculo para a customização do MannaVolt. Esse cálculo foi feito no ano de 2019, quando foi necessário a impressão de novas peças para a aplicação deste trabalho. O valor gasto por confecção do kit varia entre R\$100,00 e R\$130,00 reais. Esse valor considera a mão de obra necessária e a energia gasta para a impressão das peças.

4.1.2 MannaIno

O MannaIno é um kit *delivery* de tecnologia que introduzir os alunos ao universo da Internet das Coisas com foco em novas abordagens de ensino-aprendizagem. Todo o curso é baseado em desafios que instigam o aluno a aprender a ser um maker. A pessoa que está acostumada à manipular componentes de hardware, componentes elétricos e de eletrônica, geralmente precisa ter à disposição vários deles. Para facilitar o transporte e guardá-los, é comum que sejam usadas pequenas caixas com divisórias.

O MannaIno também é composto por alguns componentes porém, diferente do MannaVolt, este não necessita de nenhuma confecção para os mesmos. Com isso, o projeto utiliza uma placa de Arduino e outra de Protoboard além de alguns componentes eletrônicos. No total, o kit possui 20 itens e foram confeccionadas treze unidades, sendo que dez delas foram entregues aos alunos. A Tabela - 4.2 apresenta os componentes dentro de um kit

MannaIno, os itens que o acompanham e sua respectiva quantidade. Já a Figura - 4.1 mostra o kit MannaIno que foi entregue aos participantes.

Tabela 4.2: Componentes MannaIno.

Componente	Quantidade
<i>Caixa</i>	1
<i>Adesivos</i>	1
<i>NodeMCU</i>	1
<i>Protoboard</i>	1
<i>Jumpers</i>	16
<i>LEDs coloridos</i>	9
<i>Buzzer auto oscilante</i>	1
<i>Sensor de temperatura</i>	1
<i>Sensor de umidade</i>	1
<i>LDR</i>	1
<i>Resistores</i>	5
<i>Cabo micro USB</i>	1
TOTAL	39

Fonte: Autoria própria.

Figura 4.1: Marmita *delivery* MannaIno entregue aos participantes.



Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma que o MannaVolt, o MannaIno também teve o levantamento de custos realizado. O cálculo foi realizado no ano de 2021 para a aplicação do curso desse trabalho. O valor gasto para a construção do kit foi aproximadamente R\$100,00. Nesse caso, como os itens e componentes não precisam ser confeccionados, não existe mão de obra e nem custo de energia elétrica.

4.1.3 Manna_Acessibilidade

Quando a área de conhecimento é a microeletrônica, os sistemas embarcados ou o projeto de hardware, não são encontradas na literatura abordagens que promovam a construção de comunidades de aprendizagem de hardware que sejam genuinamente inclusivas, de modo que todos possam ter oportunidades para alcançar o seu potencial.

Estudantes indígenas, vulneráveis sociais, menores infratores, deficientes físicos, superdotados, pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento (transtorno do espectro autista (TEA)), transtorno do déficit de atenção, bem como os estudantes de escolas rurais, precisam ser personagens das práticas e tecnologias inovadoras que permitem reconceber ou reconstruir o saber e as relações de aprendizagem multimodal e multidimensional. Muitos projetos que ensinam programação ou pensamento computacional não abordam o ensino da parte física da computação: o hardware.

Nesse contexto, o grupo Manna parte da iniciativa em pensar na forma de ensinar esse grupo de pessoas, usufruindo de um método de ensino inovador e envolvente, no qual o aluno sintá-se interessado em aprender. Dentro dessa iniciativa pode ser citado o trabalho desenvolvido na seção 3, o qual abordou um método de ensino envolvendo a aprendizagem de programação para alunos com o transtorno do espectro autista (TEA). O grupo também conta com o MannAccess, uma tecnologia assistiva voltada para a acessibilidade de deficientes visuais. Seu principal objetivo é representar uma imagem digital num formato tátil e auditivo, fazendo com que um deficiente visual possa "sentir" a imagem ¹.

4.1.4 Manna Meninas

O Manna Meninas é uma iniciativa do grupo Manna que busca inserir uma maior quantidade de mulheres e meninas nas áreas tecnológicas. De fato, a área em si abrange muito mais pessoas do sexo masculino do que feminino e essa iniciativa visa essa mudança. O grupo conta com o projeto "Mulheres na STEAM" que busca a inclusão de mulheres

¹<https://manna.team/>

nas disciplinas básicas de conhecimento, tais como ciências, matemática, tecnologia, engenharias e artes.

Essa iniciativa se aplica à esse trabalho. Será explicado nas próximas seções o método de seleção de participantes, no qual será mencionado a preferência para a escolha de mulheres para o desenvolvimento deste projeto.

4.1.5 Manna Maker

O Manna Maker apresenta a prática da educação 5.0 contemplando alguns aspectos de desenvolvimento, sendo eles: a criação do ambiente virtual para o aluno; a confecção da maleta maker e do kit *delivery* tecnológico, respectivamente apresentados pelo MannaVolt e MannaIno; e os diferentes focos de ensino, como o ensino de eletrônica e o ensino de IoT. Tudo isso, incluso ao desafio de construir comunidades de aprendizagem que sejam genuinamente inclusivas, de modo que todos os alunos alcancem seu potencial. Dentro do Manna Maker temos:

- Educação inclusiva abordando diferenças sociais: materiais (classe, localidade), corpóreos (idade, raça, sexo e sexualidade e características físicas e mentais) e simbólicos (cultura, idioma, gênero, família, afinidade e personalidade);
- Reflexividade social que podem criar "comunidades de prática" para apoiar a aprendizagem;
- Criação de conhecimento entre pares e o poder da inteligência coletiva;
- Aprendizagem entre pares: alunos como professores;
- Apoiando a diversidade do aluno;
- Leituras digitais: descoberta, navegação, discernimento e alfabetização crítica;
- Que os alunos se tornam participantes mais ativos em sua própria aprendizagem;
- Reconhecer as diferenças do aluno e usá-las como um recurso produtivo.

A ideia é provocar a propulsão, o protagonismo, o *mindset* e despertar o estudante para a vocação em computação, eletrônica e engenharias, bem como introduzir o pensamento computacional a partir de experiências com a lógica e com a eletrônica.

Por mais de uma década, pesquisadores e profissionais da educação têm explorado como meios inovadores podem ser integrados à aprendizagem tradicional para enriquecer

a experiência de ensinar e aumentar a eficácia do aprender. Contudo, pouco tem sido proposto no sentido de se educar para tecnologias. Ainda são incipientes as iniciativas para se formar um cidadão educado digitalmente, e em particular, com entendimento do que é a computação em termos de hardware e software. Um cidadão que entende a tecnologia, pode fazer melhor uso dela em sua vida pessoal, profissional e social. Um cidadão que domina tecnologia, pode fazer diferença em sua comunidade e em sua área profissional seja ela qual for.

4.2 Preparação do ambiente

O engajamento na aprendizagem é um conceito multidimensional que inclui a capacidade de um indivíduo de se envolver de forma comportamental, cognitiva, emocional e motivacional em um processo de aprendizagem contínuo. Criar um ambiente de aprendizado autônomo, no qual o participante se sinta completamente envolvido e disponível não só para aquisição de conhecimento como também para o compartilhamento de ideias Ifenthaler et al. (2018). Isso se baseia na complementaridade das diferenças do aluno - experiência, conhecimento, maneiras de pensar e maneiras de ver. Os alunos também envolvem pessoas que antes seriam consideradas estranhas ou mesmo excluídas no processo de aprendizagem: pais e outros membros da família, amigos críticos ou especialistas.

4.2.1 Abordagem Multimodal: visual, auditivo e cinestésico

Como mencionado, na grande maioria das salas de aula os estudantes usam os modos escuta, visualização, leitura e escrita durante o aprendizado. Na pandemia, quando as aulas se tornaram online, os mesmos modos foram usados e o que mudou foi o espaço, uma vez que os alunos foram impedidos de frequentar as salas das escolas e universidades e passaram a tentar acompanhar as aulas online de suas casas.

O tempo também mudou porque algumas aulas online foram substituídas por aulas gravadas. Assistir as aulas gravadas no tempo que for possível ou desejável, muda a relação temporal e exige comprometimento do estudante. Cabe a ele acessar as aulas em seu tempo e isto exige habilidades, tais como: disciplina, propulsão, determinação e o entendimento de que não estará sozinho para sempre.

Dentro do ambiente inovador e desafiador de ensino que foi apresentado pela pandemia, podemos incluir então o ambiente VUCA. Essa nomenclatura vem da sigla em inglês *Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity* que significa: Volatilidade, incerteza,

complexidade e ambiguidade. Bennett e Lemoine (2014a) explica cada uma dessas características da seguinte forma:

- **Volatilidade:** A informação está disponível e a situação é compreensível. Para aplicá-la é necessário ser ágil. A agilidade é a chave para lidar com a volatilidade. Saber direcionar os estudos aumentando o potencial da mesma.
- **Incerteza:** A falta de conhecimento sobre um assunto. Para isso, acredita-se que a informação é fundamental para reduzir a incerteza.
- **Complexidade:** Diversas formas de conectar conhecimentos, formando uma rede de informações. Aplicar diversas técnicas para alinhar os conhecimentos que serão obtidos em uma atividade.
- **Ambiguidade:** A falta de conhecimento sobre um assunto. É necessário experimentar e praticar para reduzir essa falta de conhecimento. Somente por meio da experimentação que pode-se determinar que estratégias serão adotadas para solucionar um problema.

O ambiente VUCA possui uma facilidade imensa de adaptação, encaixando-se em uma abordagem multimodal, tratando o visual, auditivo e cinestésico. Educacionalmente também contempla o ensino presencial, online e híbrido de uma forma adaptável. A grande dificuldade nos dias atuais em trabalhar com o ambiente VUCA é a dependência de conexão com a internet. Porém, visando a modernidade e alcançando o cidadão 5.0, acredita-se que a tecnologia faz parte do cotidiano do ser humano, dessa forma esse problema é minimizado.

Tantas mudanças realizadas sem planejamento em um ambiente VUCA, trazem impactos e grandes oportunidades. Não é foco desta dissertação avaliar os impactos das mudanças da educação em tempo de pandemia mas realizar uma abordagem prática de Educação 5.0, enviando para as casas dos estudantes KDTs que ampliem o espaço e contribuam com o tempo de aprendizagem. Em cada lição, o MannaKDT precisa assegurar que ela está cobrindo todos os modos de aprendizagem para certificar-se de que está alcançando todos os participantes. Foram definidos os seguintes estilos para as abordagens do MannaKDT:

- TMA: estilo de aprendizagem tátil/cinestésico (tocar/mover/agir);
- VE: estilo de aprendizagem visual/escrita (leitura/escrita);
- SV: estilo de aprendizagem visual/não verbal (imagens);

- OF: estilo de aprendizagem auditivo/verbal (ouvir/falar).

Nessa mudança de tempo e espaço, a abordagem proposta encontrou o momento adequado para desenvolver essa prática da Educação 5.0 considerando também as atividades táteis – que levam o estudante a “fazer”, a “construir” e a “desenvolver”. O “fazer” (no inglês: *to make*) passa a ser incluído como um modo de aprendizagem fora da escola e inspirado pela cultura maker. Como mencionado na seção 2.10.1 que trata do questionário VARK, a cinestesia ocorre em uma a cada vinte pessoas e está relacionada com o sensorial e com o toque, mesclando os sentidos (audição, fala, visão e tato).

4.2.2 Abordagem Multimodal: presencial, online e híbrido

O valor das plataformas de aprendizagem online e das ferramentas de videoconferência foram reforçados em todo o mundo com a chegada da pandemia. Muitos tiveram que se adaptar à mudança rápida e repentina para a educação à distância. Os nativos digitais já estavam abertos à educação a distância, mas não estavam prontos para estarem sozinhos e isolados em suas casas.

Os aspectos multidimensionais do MannaKDT estão relacionados com a oportunidade, em tempos de pandemia ou não, de engajar os estudantes em atividades que os despertem para o pensamento criativo e colaborativo e que os estimule a formular ideias e a externá-las. Algo muito alinhado com a cultura do empreendedorismo e da inovação. As dimensões podem ser definidas considerando o espaço de aprendizagem: em domicílio, na escola, nas praças, nos espaços de inovação tais como: *fablabs*, *maker spaces*, *hackerspaces* e em qualquer lugar, uma vez que os KDT são produtos de difusão que permeiam as dimensões do físico e do virtual.

A abordagem MannaKDT apresenta a prática da nova educação contemplando alguns aspectos de desenvolvimento, sendo eles:

- O espaço maker virtual: o ambiente virtual preparado para que o aluno seja o protagonista de seu aprendizado tomando decisões sobre o tempo e o espaço de aprendizagem;
- As maletas/marmitas/malas ou containers de difusão científica e tecnológica: um kit *delivery* de tecnologia que pode chegar às casas dos estudantes, às escolas, às praças de qualquer cidade do país.

4.3 Pré e Pós-Teste

Como citado na seção 2.10 o processo de avaliação de aprendizagem é complexo. Não existe uma forma correta de avaliar o quanto um indivíduo aprendeu e sim, se ele aprendeu. Porém, para minimizar essa dificuldade, pensou-se em uma forma de recolher dados quantitativos sobre este trabalho. Para isso foi decidido utilizar uma avaliação pré e pós-teste.

As aplicações desses testes ocorreram de forma diferenciada para cada uma das atividades. Para o MannaVolt optou-se por utilizar de um questionário elaborado pelo autor do trabalho em conjunto com os instrutores que aplicariam a atividade. Esse questionário é dissertativo e envolve questões sobre o tema que seria abordado com o aluno. Esse teste é relativamente curto e é voltado aos conhecimentos sobre eletrônica básica. Esse teste também analisa a lógica do aluno e foi desenvolvido baseando-se na taxonomia de Bloom. O teste é composto por treze perguntas que podem ser verificadas na Tabela - 4.3.

Tabela 4.3: Questões do segundo teste envolvendo Taxonomia de Bloom.

Questão	Descrição da Pergunta
1	O que são cargas elétricas?
2	Qual a diferença entre cargas elétricas e campo elétrico?
3	O que é um circuito elétrico?
4	Você acredita que tudo o que aprendeu nas aulas é verdade?
5	Você pesquisou algum conteúdo relacionado quando não estava em horário de aula?
6	Você se questionou se o que foi apresentado nos vídeos fazia sentido?
7	O que acontece quando a corrente passa no circuito para que um LED acenda?
8	O que acontece se passarmos mais corrente do que o circuito suporta?
9	O que acontece com a eletricidade quando ela entra em contato com materiais isolantes?
10	Porque dizem que um raio não cai duas vezes no mesmo lugar?
11	Ao montar um circuito desde o início, por onde começaria?
12	Como você montaria seu próprio robô? Por onde começaria?
13	O que esse robô faria?

Fonte: Autoria própria.

Juntamente com esse questionário, foi aplicado também um teste de pensamento crítico chamado Teste de Cornell (Nível X). Esse teste é composto por 76 questões que buscam

instigar o participante sobre a veracidade de informações contidas nessa avaliação, dessa forma estimulando o pensamento crítico.

Nesse teste é apresentado ao aluno um texto explicativo chamado "Exploração em Nicoma", onde uma pequena tripulação do Planeta Terra chega ao recém descoberto planeta Nicoma e, por meio de perguntas, o aluno deve refletir sobre os acontecimentos ocorridos no novo planeta. Algumas informações prévias são fornecidas ao aluno e requerem um pensamento claro sobre esses fatos. Porém, é de responsabilidade do participante verificar a veracidade dos fatos apresentados. Caso não exista uma boa resposta para o questionamento levantado ou exista uma dúvida, é aconselhado que a resposta seja deixada em branco. As informações passadas descrevem temas como: o que aconteceu com o grupo de tripulantes; uma investigação na Aldeia de Nicoma; o que é possível fazer sobre aquele planeta; e um relatório de decisões. Após a reflexão sobre esses quatro temas e as respostas consideradas pelo aluno, é sugerido que o aluno volte algumas questões e repense sobre as marcações. Nesse momento, cabe ao aluno realizar as alterações que achar necessário para encontrar a resposta correta. As respostas sobre os assuntos abordados durante o teste, são apresentadas logo ao término das questões.

Para a atividade desenvolvida com o MannaIno outros testes foram escolhidos. Isso foi feito pois encontrou-se métodos diferentes de avaliação durante o período de estudos para este trabalho e após a aplicação do MannaVolt. Para esse teste, aplicou-se uma avaliação baseada em projetos e a análise da taxonomia SOLO.

O método de avaliação consiste na análise do desenvolvimento dos desafios propostos anteriormente. Esses desafios foram classificados entre sucesso e insucesso. A aplicação do MannaIno apresentou apenas casos de sucesso durante seu desenvolvimento, sendo que todas as equipes conseguiram encontrar uma solução e apresentá-la para toda a turma. Por outro lado, entende-se que esse método não é consistente para avaliar o desenvolvimento do aluno. Dessa forma, foi necessário um método mais preciso.

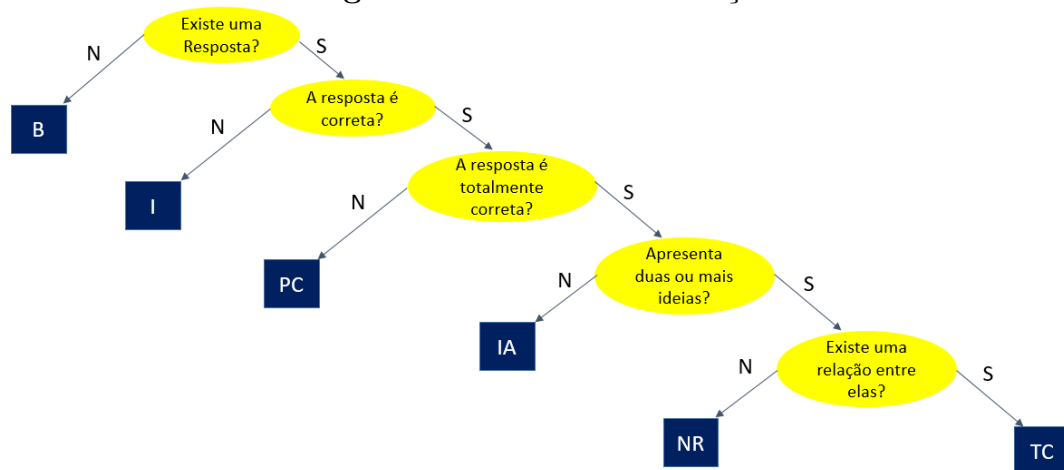
Para tornar essa aplicação coerente foi necessário atribuir valores para as respostas das perguntas individuais de cada aluna. Para complementar a atribuição de pontos classificou-se as respostas fornecidas de acordo com a taxonomia apresentada. A Tabela - 4.4 mostra a nomenclatura utilizada, sua descrição e o valor atribuído para cada análise de resposta.

Tabela 4.4: Tabela de respostas da taxonomia SOLO.

Nomenclatura	Descrição	Valor
<i>TC</i>	Totalmente Correta	5 pontos
<i>NR</i>	Não Existe uma Relação de ideias	4 pontos
<i>IA</i>	Ideia Apresentada	3 pontos
<i>PC</i>	Solução Parcialmente Correta	2 pontos
<i>I</i>	Ideia Incorreta	1 ponto
<i>B</i>	Resposta em Branco	0 pontos

Fonte: Autoria própria.

A tabela auxilia na atribuição de pontos para as respostas, porém não apresenta claramente um fluxo a ser seguido sobre a corretude e validação das mesmas. Pensando nisso, foi necessário construir uma árvore de avaliação, que consiste de algumas perguntas que guiam o fluxo da mesma. Nessa árvore cada círculo corresponde à uma pergunta, direcionando para uma próxima pergunta ou à uma atribuição de pontos. Cada pergunta pode ser respondida apenas com "Sim" ou "Não". As setas guiam o fluxo da árvore enquanto os quadrados finalizam a árvore com a atribuição desses pontos. A Figura - 4.2 apresenta essa árvore.

Figura 4.2: Árvore de Avaliação.

Fonte: Autoria própria.

Para realizar a avaliação das respostas é necessário seguir o fluxo da árvore verificando as perguntas nela. Ao analisar a resposta do aluno é necessário questionar se "Existe uma resposta?". Caso o aluno tenha deixado em branco, a árvore é encerrada e o aluno recebe um total de 0 pontos. Caso exista uma resposta, faz-se outra pergunta: "A resposta é correta?". Se o aluno realizou a tentativa de responder, porém sem sucesso, é atribuída

uma resposta incorreta, totalizando 1 ponto. Se a resposta estiver pouco correta, a árvore vai para a pergunta seguinte. O próximo questionamento se refere "A resposta é totalmente correta?", dessa forma, caso exista uma resposta que não esteja totalmente correta, o aluno recebe os pontos de uma questão parcialmente correta, por outro lado, se ela for completamente correta, deve-se analisar como o aluno chegou à essa conclusão. Isso nos leva a quantidade de ideias apresentadas e ao questionamento seguinte: "Apresenta duas ou mais ideias?". Caso seja apresentada mais de uma ideia para encontrar a resposta, a árvore segue seu fluxo, caso a ideia seja única e a argumentação sucinta, o aluno recebe os pontos referentes à ideia apresentada. O último questionamento dessa árvore é se "Existe uma relação entre elas?". Caso as ideias apresentadas tenham relação entre si, sendo que uma deduziu à outra, então o aluno recebe os pontos referentes à resposta totalmente correta, caso as ideias não se relacionem, recebe os pontos referentes à não existência de uma relação entre as ideias apresentadas.

A aplicação desse questionário SOLO ocorreu no último dia do curso, logo após a apresentação dos projetos finais. Esse questionário foi composto por 6 perguntas dissertativas e compartilhada via *Google Forms*. Esse questionário visa analisar o aprendizado do aluno e o seu domínio sobre o curso, além de relatar a experiência vivida no projeto final e analisar o desenvolvimento do pensamento do participante. A Tabela - 4.5 mostra as questões abordadas nesse questionário.

Tabela 4.5: Questões da Taxonomia SOLO.

Número	Questão
1	Explique com suas palavras tudo o que você souber sobre a plataforma Arduíno ou sobre a plataforma NodeMCU.
2	Defina o que é um algoritmo e dê um exemplo.
3	Explique com suas palavras tudo o que você souber sobre Internet das Coisas (IoT).
4	Pense em um problema do seu dia-a-dia que você pode solucionar utilizando Internet das Coisas. Qual é o problema? Quais plataformas de hardware, sensores e/ou atuadores são necessários? Como a aplicação funciona? (IoT).
5	O que achou do desenvolvimento do projeto final em dupla? Quais foram as dificuldades?
6	O que você achou do curso? Tem alguma sugestão ou comentário?

Fonte: Autoria própria.

Metodologia Experimental

Este capítulo apresenta os resultados conceituais e práticos de um projeto europeu que explorou, concebeu e analisou iterativamente atividades de ensino e aprendizagem educacionais inovadoras para a formação de competências de tomada de decisão. Seguindo uma abordagem de pesquisa baseada em *desing*, incluindo análises quantitativas e qualitativas, as quatro dimensões do VUCA foram categorizadas, as habilidades de decisão relevantes foram definidas, e atividades para treinar habilidades de decisão foram testadas e avaliadas.

5.1 Seleção de Metodologias Ativas

Para que a metodologia experimental ocorresse, foi necessário realizar um período de estudo sobre formas de aplicações inovadoras do ensino tecnológico. Dessa forma, encontrou-se nas metodologias ativas a melhor forma de aplicar à esse trabalho. Após o período de estudo dessas metodologias ativas, algumas foram encontradas e mencionadas no capítulo 2.8. Porém, dentre todas elas, apenas algumas foram escolhidas. Essa escolha foi mensurada de acordo com a análise de aplicabilidade dentro dos projetos MannaVolt e MannaIno. As escolhas para esse trabalho serão justificadas a seguir.

A primeira metodologia ativa mencionada nesse trabalho é a cultura maker. Entende-se que essa cultura reflete todo o caráter de atividade proposto por esse trabalho e que inclui a formação do cidadão 5.0. Considerando as habilidades desenvolvidas por esse cidadão e o que esperar da educação 5.0, a cultura do "faça você mesmo" é o que faz com que o aluno "ponha a mão na massa". Sendo assim, atende aos propósitos construcionistas dos kits e por isso foi selecionada.

Outra metodologia ativa encontrada na literatura foi a dividir para conquistar. Essa metodologia trata-se de problemas propostos que são relativamente grandes e, dividindo-o em subproblemas (problemas menores) e resolvendo-os, alcança-se o objetivo final. Durante a aplicação dos kits de forma lúdica, o trabalho ensina o passo-a-passo da montagem dos kits até seu entendimento final, dessa forma o problema macro foi subdividido e resolvido aula a aula pelos alunos. Ao fim das aulas, a montagem dos kits é completa. Portanto, a metodologia ativa dividir para conquistar também foi selecionada.

A aprendizagem baseada em problemas consiste em apresentar problemas para os alunos e, por meio dos mesmos, desenvolverem uma solução para esses problemas. Essa metodologia estimula o pensamento computacional e crítico do aluno, levando-os a refletir seu aprendizado à solução do desafio abordado. Essa abordagem também foi selecionada e pode ser visto nos desafios práticos propostos pelo MannaIno.

Também foi apresentado no capítulo 2.8.4 a sala de aula invertida. A sala de aula invertida tem como objetivo fugir do padrão de ensino um-para-muitos e tornar-se o padrão muitos-para-muitos. Nela o aluno faz uso de seus estudos em seu próprio tempo hábil previamente e em seguida ele é apresentado ao conteúdo por meio do professor. Para este trabalho, apesar da apostila e atividades ficarem disponíveis para o aluno, não entende-se que a mesma seria efetiva na utilização. Da mesma forma que os alunos despertam curiosidade na montagem dos kits, o medo de fazer algo errado e estragá-los é grande. Dessa forma, preferiu-se não adotar essa metodologia ativa.

O estudo de caso foi uma das metodologias ativas mencionadas nesse trabalho. Nela o aluno é apresentado à um problema real que é chamado de "caso". Entende-se que essa metodologia ativa pode ser melhor desfrutada se trabalhada em pares ou equipes. Apesar da quantidade de kits ser limitada, entende-se que ela é semelhante a aprendizagem baseada em problemas. Dessa forma, ela também foi selecionada.

Outra metodologia ativa apresentada no capítulo 2.8.6 é a gamificação. A gamificação é feita para o aluno ser apresentado à desafios por meio de jogos. Apesar do grupo Manna ter uma vertente de pesquisa voltada aos jogos e a gamificação, não encontrou-se algo aplicável para o conceito dos kits MannaVolt e MannaIno. Dessa forma, este trabalho não faz uso da mesma.

As duas últimas metodologias apresentadas foram a aprendizagem baseada em times e a aprendizagem baseada em pares. Existem diversas formas de aplicar essas metodologias mesmo com as dificuldades encontradas pela quantidade limitada de kits e ao distanciamento feito pela pandemia de Covid-19, encontrou-se uma forma de se trabalhar em meio remoto. Isso pode ser verificado durante a aplicação do MannaVolt e MannaIno. Portanto, essas metodologias foram selecionadas.

Em resumo, as metodologias ativas que foram selecionadas e aplicadas nesse trabalho são: Cultura Maker, Dividir para Conquistar, Aprendizagem Baseada em Problemas, Estudo de Caso, Aprendizagem em equipes e em pares.

5.2 Aplicação

Para o desenvolvimento da metodologia experimental dessa abordagem, foi necessário estabelecer algumas etapas as quais seriam seguidas para que contemplassem as duas vivências. Tanto o MannaVolt quanto o MannaIno necessitam de um recrutamento de pessoas, do desenvolvimento de atividades propostas e a forma de aplicação do trabalho de cada experiência.

Durante o desenvolvimento do trabalho, muito pensou-se sobre a construção da equipe. Buscou-se encontrar pessoas capacitadas para que pudessem ministrar os respectivos cursos. Da mesma forma, foi preciso definir um público alvo e que atenda uma forma inovadora de ensino. Durante o processo foi necessário estruturar uma equipe de participantes.

O objetivo inicial para a construção da equipe foi o de encontrar pessoas dispostas a ajudar e ensinar no processo educacional proposto neste trabalho. Essas pessoas devem possuir um conhecimento prévio em áreas como eletrônica, elétrica ou computação. Esse conhecimento não baseia-se apenas na teoria mas também na prática, pois dessa forma o selecionado pode atuar como instrutor atendendo o princípio da cultura maker. O instrutor então deve possuir um conhecimento na montagem de circuitos eletrônicos e/ou Arduíno. Os perfis desses instrutores foram encontrados no Grupo Manna de Engenharia de Computação Invísel, sendo esses instrutores alunos de graduação ou pós-graduação dos cursos de Ciência da Computação e Engenharias no geral. Destaca-se que os instrutores são oriundos de universidades públicas pelo estado do Paraná, tais como Universidade Estadual de Maringá e Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

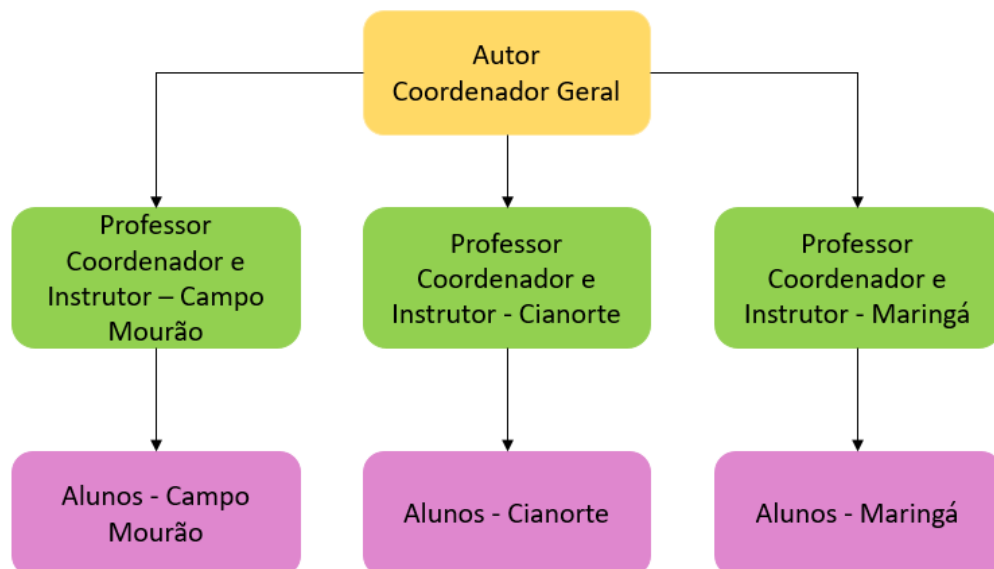
Após encontrar pessoas capacitadas para serem os instrutores foi necessário selecionar o público alvo. Entendendo que cada aplicação deriva de um grau de dificuldade diferente, necessita-se então de uma estrutura que forneça aplicação em qualquer uma das vivências selecionadas como estudo de caso. A princípio o grupo selecionado para o MannaVolt foi o de jovens entre 11 e 17 anos, que frequentam o ensino fundamental e ensino médio da educação brasileira. Para o MannaIno foram selecionados alunos do ensino superior de instituições públicas, atendendo a filosofia do desenvolvimento desse trabalho, pois entende-se que o conteúdo exige um embasamento matemático e lógico maior do que o proposto anteriormente pelo MannaVolt. Esses alunos interessados em participar são

dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Informática da Universidade Estadual de Maringá. Para o MannaIno, as idades dos participantes variaram entre 18 e 21 anos.

A aplicação da metodologia experimental permitiu um compartilhamento de informação no mesmo tempo e espaço, e graças a isso foi possível desenvolver o trabalho em 3 cidades diferentes durante a aplicação do MannaVolt e 5 cidades diferentes durante a aplicação do MannaIno. O MannaVolt contemplou as cidades de Campo Mourão, Cianorte e Maringá e pôde ser efetuado dentro dos colégios: Colégio Estadual Professora Ivone Soares Castanharo - Campo Mourão; Colégio Estadual Itacelina Bittencourt - Cianorte; Colégio de Aplicação Pedagógica (CAP) - UEM e Instituto de Educação Estadual de Maringá - Maringá. O MannaIno pôde ser aplicado nas cidades de Assaí, Cianorte, Loanda, Mandaguari e Maringá.

Para estabelecer um contato com os participantes, contemplando a formação da equipe, selecionou-se professores mediadores para as atividades a serem desenvolvidas. Esse professor foi responsável por apresentar os alunos aos instrutores e repassar comunicados gerais. Esse professor também foi responsável por receber e repassar os kits para os alunos, garantido que os mesmos fossem recebidos. De uma forma geral, esse professor completa o time como Coordenador.

Figura 5.1: Exemplo de estrutura a ser aplicada em qualquer caso de estudo.



Fonte: Autoria própria.

A Figura - 5.1 mostra um exemplo de como a equipe pode ser formada. Portanto, a equipe é composta pelos alunos interessados em participar do projeto, um instrutor

com conhecimento suficiente para aplicação dos projetos, um coordenador responsável por encontrar alunos e repassar recados gerais e o autor desse trabalho como coordenador geral.

Para o desenvolvimento das atividades o MannaVolt dispunha de 5 kits, enquanto o MannaIno dispunha 10 kits. O MannaVolt foi aplicado em duas etapas com 10 participantes e dentre eles, 4 moravam de Campo Mourão, 5 em Cianorte e 1 de Maringá. O MannaIno foi aplicado uma única vez com 10 meninas. O número de interessados em participar do projeto foi maior que 10, portanto, a aplicação até o desenvolvimento desse trabalho, ocorreu com 10 estudantes, sendo os próximos alunos atendidos em uma outra aplicação futura. O critério para escolha das 10 participantes foi o de logística de entrega. Optou-se em um primeiro momento de oportunizar os residentes na cidade de Maringá. Feito isso, verificou-se as cidades mais próximas, onde seria possível por meio de amigos ou familiares dos participantes enviar o kit aos mesmos. Vale destacar que várias alunas tiveram aulas de circuitos elétricos, porém, nunca manusearam um circuito real, trabalhando apenas com simulações online, dessa forma o MannaIno serviu como primeira experiência prática real para essas alunas.

Após o recrutamento dos participantes da MannaKDT, foi necessário realizar a montagem prática do MannaVolt e do MannaIno. Inicialmente, será explicado como ocorreu esse desenvolvimento para o MannaVolt. Durante o desenvolvimento do curso, o grupo Manna desenvolveu uma apostila para o ensino de eletrônica básica. Essa apostila foi verificada e, após algumas análises, foi necessário reformulá-la. Essa reformulação ocorreu pois, após os estudos realizados neste trabalho constatar que o público alvo da referida apostila não eram alunos da educação básica nacional. Foi necessário transformar uma apostila técnica em uma apostila imersiva e lúdica aos jovens que desfrutariam do curso.

A primeira alteração realizada foi na linguagem utilizada. Foi verificado que a linguagem escolhida não estava adaptada à alunos do ensino básico, com muitos termos técnicos e conhecimentos avançados de eletrônica. Dessa forma, foi necessário realizar uma alteração na abordagem para que fosse compreensível ao aluno mais jovem. Em seguida, foi incluso a identidade visual desenvolvida nesse trabalho, dentro da apostila e dos kits. Para isso, foram espalhadas imagens de planetas, astronautas e outros itens que fazem o aluno sentir-se parte da tripulação e à vontade durante os estudos. Essa identidade visual também corresponde aos adesivos que foram enviados nas maletas.

Já com a apostila alterada e adequada devidamente aos propósitos deste trabalho, foi necessário organizar as aulas e os conteúdos a serem abordados. Para realizar esse alinhamento, ocorreu uma reunião com os instrutores e, após um *brainstorm*, chegou-se a

conclusão de que o curso deveria ser dividido em oito temas específicos sobre eletrônica, sendo eles:

- **Aula 1** - Introdução ao MannaVolt e Cargas Elétricas.
- **Aula 2** - Campo Elétrico e Corrente Elétrica.
- **Aula 3** - Componentes Eletrônicos.
- **Aula 4** - Multímetro.
- **Aula 5** - Circuitos Elétricos - Parte 1.
- **Aula 6** - Circuitos Elétricos - Parte 2.
- **Aula 7** - Potência.
- **Aula 8** - Energia Elétrica.

Para atender ao método inovador proposto nesse trabalho e que atenda as necessidades de ensinar em meio à uma pandemia, foi necessário pensar em uma forma de que os alunos participantes pudessem aprender sem estar presentes em uma sala de aula (da forma tradicional). Então, o passo seguinte foi pedir para as instrutoras gravarem vídeo-aulas curtos com os conteúdos dispostos nos tópicos anteriores. Essas vídeo-aulas mostram as explicações do conteúdo de uma forma resumida, a resolução de exercícios e o desenvolvimento de experimentos utilizando o kit eletrônico.

Com o kit em mãos as instrutoras realizavam os experimentos e mostravam as peças e componentes, além da forma correta de utilizá-lo para que não ocorresse um curto circuito. Esse vídeos foram gravados por elas em suas próprias casas e com suas próprias ferramentas. Após realizada a gravação, foi realizada a edição dos vídeos, incluindo uma vinheta e os cortes gerais para que o vídeo pudesse ser apresentável para os alunos participantes.

O próximo passo foi estabelecer como encontrar esses alunos remotamente. Para esse método utilizou-se de uma ferramenta do *Google* chamada *Google Meet*, que permite a realização de reuniões online entre professor e aluno. Os instrutores se reuniram duas vezes por semana com os alunos, acompanhavam explicações pela apostila e assistiam às vídeo-aulas tentando representar os exemplos propostos. Em seguida, eram realizados alguns exercícios e desafios com o acompanhamento do instrutor.

Durante essas chamadas de vídeos, como dito anteriormente, ocorriam a montagem prática do circuito eletrônico. Tomando os devidos cuidados, os instrutores reforçavam o

desenvolvimento da prática e auxiliavam nas instruções para que o circuito funcionasse. Tudo isso, era transmitido pelas câmeras do aluno e do professor, sendo possível assim, que o instrutor pudesse ver os passos e os procedimentos que o aluno estava seguindo.

Para que o aluno pudesse tirar suas dúvidas, o instrutor estava sempre disposto via e-mail para esclarecimento de dúvidas. Por outro lado, haviam dias em que alguns participantes não podiam participar, dessa forma, gravaram-se alguns encontros pela plataforma do *Google* e disponibilizou-se para àqueles que não compareceram. Também foi criado um canal de comunicação e troca de mensagens para que os alunos enviassem suas dúvidas.

Da mesma forma que o desenvolvimento das atividades foi feito para o MannaVolt, também foi necessária realizar o desenvolvimento para o MannaIno. A aplicação do MannaIno consistiu em desenvolver as atividades a serem tratadas e a quantidade de encontros selecionados. Para isso foi necessário realizar alguns encontros com o instrutor e verificar qual seria a melhor forma de trabalhar. Préviamente montou-se um cronograma de atividades a serem seguidas para o êxito do trabalho. Como já apresentado anteriormente, foi necessário escolher as candidatas que iriam participar do MannaIno. Feito isso, precisa-se estabelecer um horário em comum entre todas as participantes. Para isso será realizado um questionário apresentando alguns possíveis horários e as participantes devem selecioná-los dentre as opções, sendo possível escolher mais de uma opção de horário. Esses horários variavam entre os contra-turnos e intervalos de horários de permuta, pois alguns cursos são em período integral e outros no período noturno. Dessa forma, os horários disponíveis entre todas foi entre às 18:00hrs e as 19:30hrs.

Após os horários serem selecionados, foi necessário pedir para que as participantes enviassem um formulário com as respostas, tais quais continham informações como nome, idade, curso, período disponível e o resultado de seu questionário VARK, que será explicado nas próximas seções. Ainda nesse questionário também foi pedido para ser anexado um termo livre de consentimento esclarecido (TCLE) que autoriza o uso de imagem e o aceite em participação do referido curso.

Em seguida foi enviado às participantes um e-mail de boas vindas, já que aceitaram participar do projeto com termos de aceite entregues. Nesse e-mail continha informações sobre o curso e o aviso de que os kits seriam entregue dentro dos próximos dias. Após o envio e recebimento dos kits e o preenchimento dos testes preliminares do VARK, ocorreria então a aplicação do curso embasado nas datas disponíveis pelas alunas no questionário anterior. Após o desenvolvimento do curso ocorreu a aplicação de um projeto final e a aplicação dos pós-testes. Por fim, uma coleta de *feedbacks* das participantes para que as próximas aplicações sejam sempre aprimoradas.

Para o desenrolar da atividade foi necessário desenvolver um material que trata dos assuntos abordados no curso. Nesse material foi inclusa toda a identidade visual criada nesse trabalho para que seja despertada a atenção do aluno. Esse material também consiste em aulas e temas com os conteúdos que serão abordados. A seleção e o desenvolvimento desses temas foi criado juntamente com o instrutor do curso. Os temas e conteúdos abordados nas aulas foram:

- **Aula 01** - Introdução.
- **Aula 02** - Fundamentos de Algoritmos.
- **Aula 03** - Desafios I e II.
- **Aula 04** - Desafios III e IV.
- **Aula 05** - Desafio V, IoT e distribuição de projetos.
- **Aula 06** - Aula extra para dúvidas.
- **Aula 07** - Apresentação dos projetos.

Por meio da definição dessas aulas elaborou-se paralelamente o material para a aplicação do MannaIno. Esse material consiste do planejamento da sequência do curso e o fluxo que ele tomará, tudo isso feito em forma de slide. Logo no início há uma recepção aos alunos apresentando o material e explicando cada item contido dentro do kit, como os adesivos, componentes, sensores e placas. Juntamente com essa apresentação dos itens o aluno pode conferir se os itens de seu kit estão de acordo com o apresentado e caso algo esteja em falta, deverá ser imediatamente comunicado.

O passo seguinte foi o de combinar com as alunas a forma de encontrá-las e como as aulas seriam ofertadas. Optou-se por seguir o mesmo padrão utilizado no MannaVolt e que atende as diretrizes desse trabalho, aceitando o desafio de ensinar remotamente durante a pandemia. Dessa forma, para o MannaIno, também utilizou-se o *Google Meet*. Vale destacar que, durante as aulas ocorre a montagem dos circuitos na prática e em tempo real. Para as alunas que não puderam comparecer às aulas, todos os encontros foram gravados e disponibilizados em uma pasta em outra ferramenta do *Google* chamada *Google Drive*, para que pudessem ser estudados posteriormente à sua ausência.

Por fim, caso necessário, o instrutor estava sempre disponível para eventuais dúvidas e problemas com as montagens de circuitos.

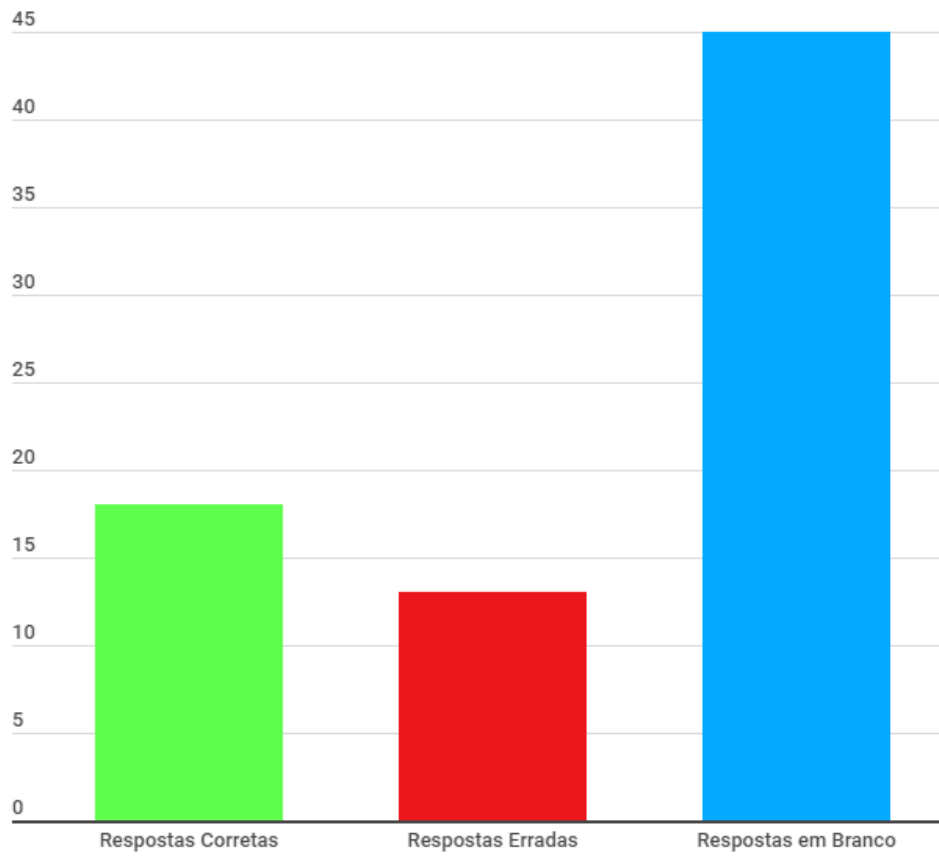
Resultados

Os resultados apresentados nessa seção são de aplicações que ocorreram entre os anos de 2021 e 2022. Em cada uma dessas aplicações foi desenvolvido um trabalho com o MannaIno e MannaVolt, e trabalhou com alunos entre 11 e 21 anos. A análise dos resultados ocorre de acordo com os pré e pós-testes desenvolvidos nesse trabalho.

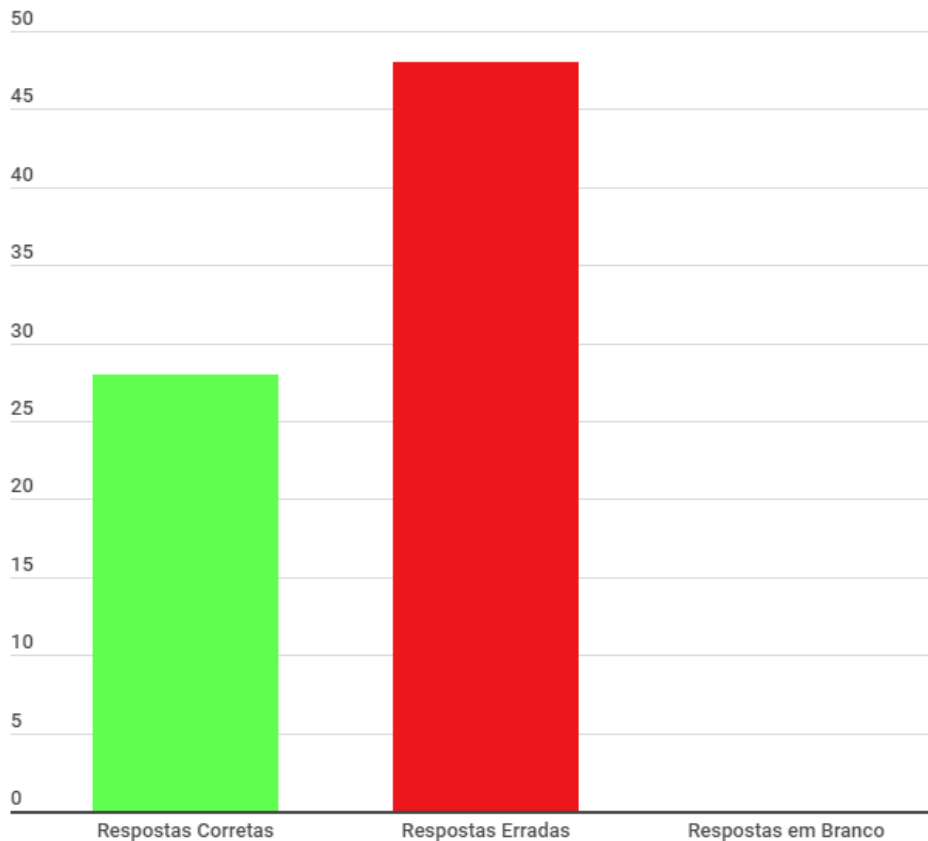
6.1 Resultados da Primeira Aplicação

Como informado anteriormente, a aplicação foi realizada em duas turmas distintas em cada cidade devido a quantidade limitada de kits impressos. Dessa forma, os primeiros dados analisados serão dessa primeira aplicação. O primeiro teste aplicado foi o teste de pensamento crítico de Cornell (Nível X), que mede a capacidade do pensamento crítico do aluno antes do trabalho realizado com o MannaVolt. A primeira análise foi feita conforme os dados obtidos na cidade de Campo Mourão, onde a primeira etapa da aplicação foi realizada com duas alunas, a primeira será denominada como A1-CM e segunda como A2-CM.

Figura 6.1: Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A1-CM.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6.2: Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A2-CM.

Fonte: Autoria própria.

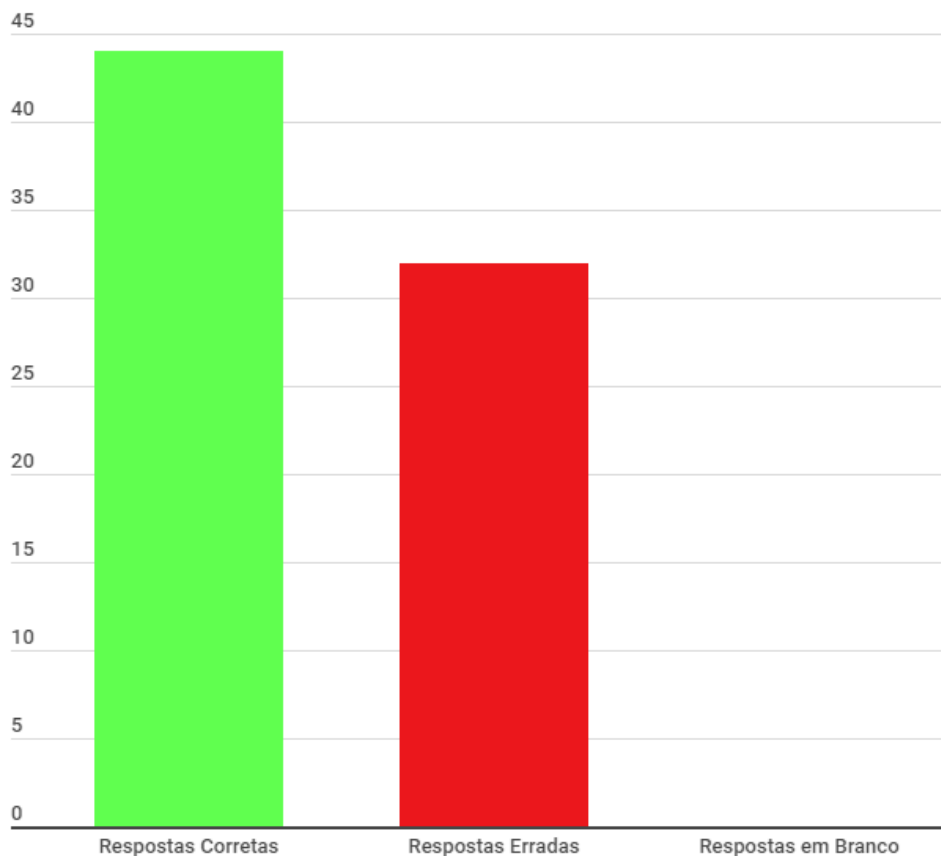
No gráfico da Figura - 6.1 temos as respostas da aluna A1-CM. Podemos observar que ela não respondeu todas as questões propostas. Das 76 questões apresentadas verificamos que 45 delas não foram respondidas, o que corresponde a aproximadamente 59% do teste. Isso mostra que o pensamento crítico da aluna ainda não havia sido desenvolvido ou não estava tão aguçado, fazendo com que algumas respostas ainda fossem muito vagas para preenchimento das demais questões. Mesmo com toda essa incerteza, a aluna ainda obteve 18 acertos e 13 erros, totalizando 24% e 17% respectivamente. Por outro lado a aluna A2-CM respondeu todas as questões e a Figura - 6.2 trás essas informações. Também é possível analisar que, apesar da aluna ter respondido à todas as questões, houveram muito mais erros que acertos. A porcentagem de acertos é de 37% enquanto a de erros é de 63%.

O segundo teste aplicado foi o relacionado à taxonomia de Bloom. Nele todas as respostas foram respondidas destacando que as perguntas mais técnicas foram respondidas de forma mais técnica. Outras perguntas que envolvem o pensamento crítico, questionando-as sobre a veracidade do que lhes foi ensinado, foram respondidas de forma

vaga, sem nenhuma análise crítica, como por exemplo: *"Sim, tudo o que aprendi foi verdade."* ou *"Nunca me questioneei se o que aprendi faz sentido."*

Na cidade de Cianorte os dados coletados nos trazem informações diferentes. Na primeira aplicação da cidade participaram três alunas. Entre elas houve um revezamento de kit para que todas pudessem participar e praticar, sendo que duas delas optaram por realizar as atividades juntas (não os testes, apenas as atividades). Para a cidade de Cianorte as alunas serão denominadas como A1-CIA, A2-CIA e A3-CIA. A aplicação do primeiro teste traz dados interessantes. Os acertos em todas as alunas foi acima de 55% e todas as respostas foram respondidas. A aluna A1-CIA e a aluna A3-CIA obtiveram os mesmos resultados, acertando 45 questões e errando 31. A aluna A2-CIA acertou 42 questões e errou as outras 34. Como os dados foram semelhantes, na Figura - 6.3 será apresentado a média dos acertos das 3 alunas.

Figura 6.3: Análise de Respostas Pré-Teste das alunas da cidade de Cianorte.



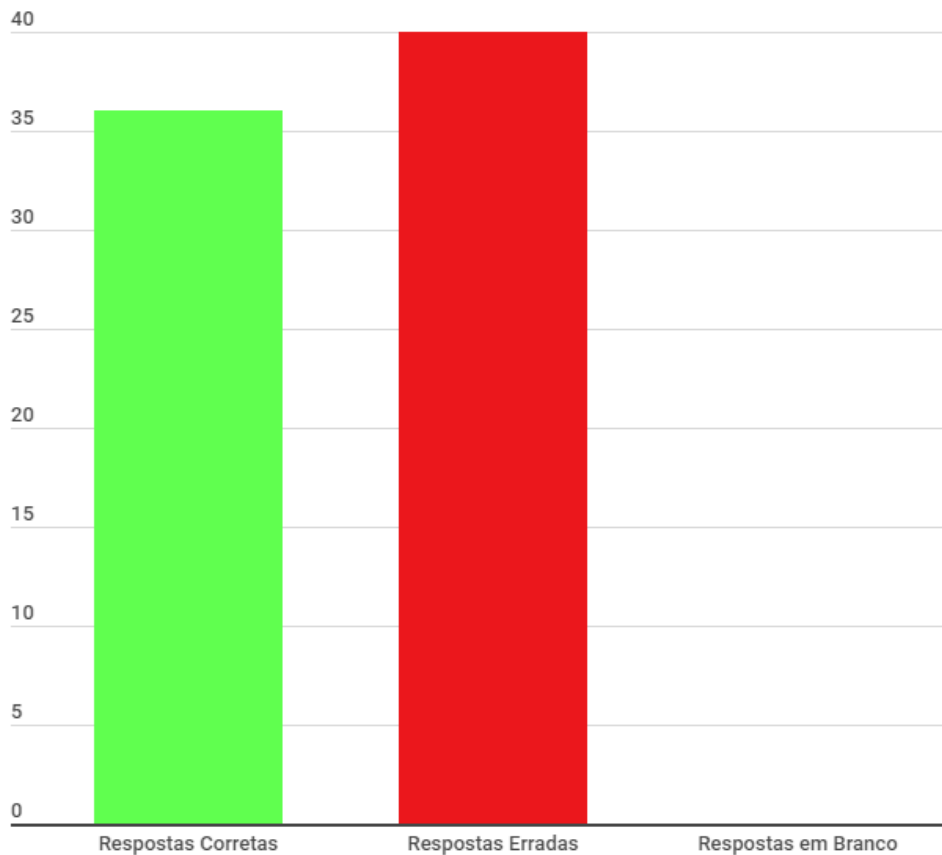
Fonte: Autoria própria.

Na aplicação do teste da Taxonomia de Bloom algumas alunas responderam o teste de forma sucinta, com vários "sins" e "nãos". Algumas das questões nesse primeiro momento

também não foram respondidas. Aqui temos mais um indício da falta de pensamento crítico dos alunos antes do trabalho desenvolvido e de conhecimento sobre o assunto a ser estudado.

Por fim, para a cidade de Maringá foi aplicado o teste apenas com uma aluna. O pré-teste de Cornell dessa aluna apresentou resultados satisfatórios. Ela respondeu a todas as perguntas do teste, acertando 36 questões e errando outras 40. Isso corresponde à aproximadamente 47% dos acertos e 53% dos erros. Isso pode ser analisado no gráfico da Figura - 6.4 e a aluna será chamada de A1-MGA.

Figura 6.4: Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A1-MGA.



Fonte: Autoria própria.

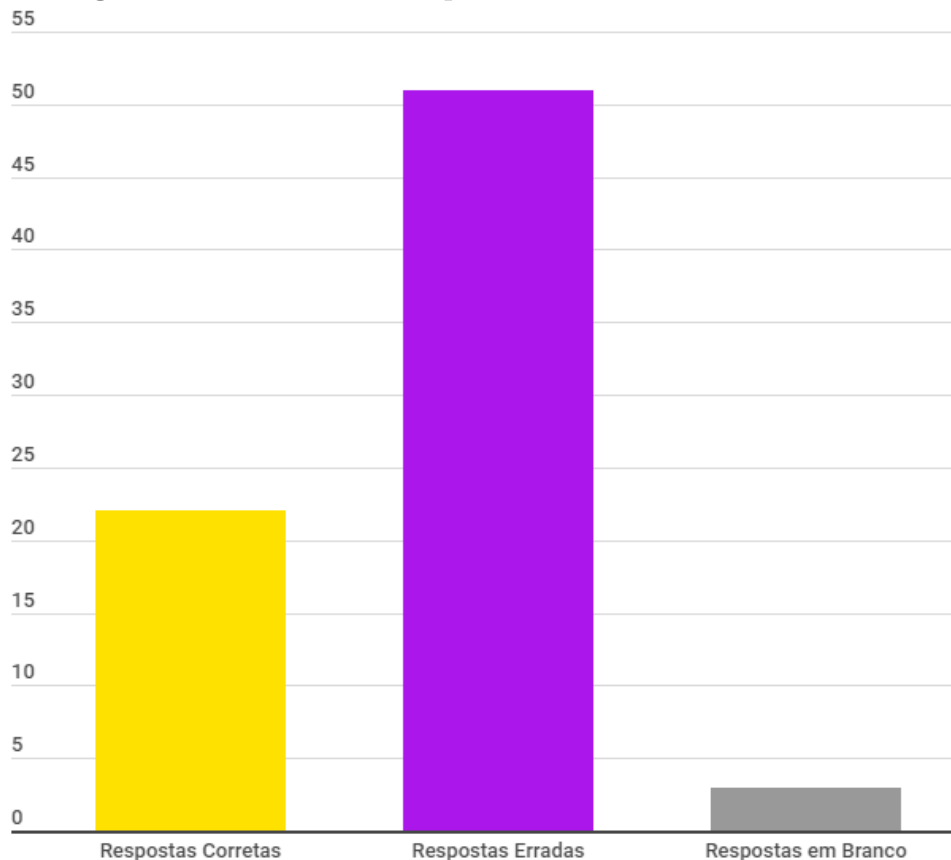
Já o segundo teste aplicado na cidade de Maringá apresentou resultados semelhantes aos demais, onde a aluna expôs o que entende por corrente e circuito elétrico, deixando algumas respostas em branco e outras respostas sucintas e objetivas sobre os questionamentos.

Após o desenvolvimento das atividades pré-teste e das aulas, os alunos foram convidados então a fazer os testes novamente, concretizando o pós-teste. Aqui o resultado

esperado é que os alunos tenham uma desenvoltura melhor ao responder as questões objetivas e teóricas. A análise inicial do pós-teste ocorrerá na mesma sequência que o pré-teste: Campo Mourão, Cianorte e Maringá.

Em Campo Mourão ocorreram os resultados representam uma diferença relevante se comparado ao pré-teste. A aluna A1-CM que havia deixado de responder mais da metade das questões anteriores, conseguiu responder a praticamente todas as questões. Em branco foram apenas 3 respostas totalizando aproximadamente 4% do teste. A quantidade de acertos subiu para 22 porém, a quantidade de erros também subiu, totalizando 51. Essa informação é interessante pois, com o pensamento crítico instigado durante o curso, a aluna conseguiu responder às questões que havia deixado em branco. Por outro lado, grande parte delas foi errada. Dessa forma é possível analisar que o curso realmente fez pensar em suas respostas. Todos esses dados podem ser averiguados na Figura - 6.5.

Figura 6.5: Análise de Respostas Pós-Teste da aluna A1-CM.



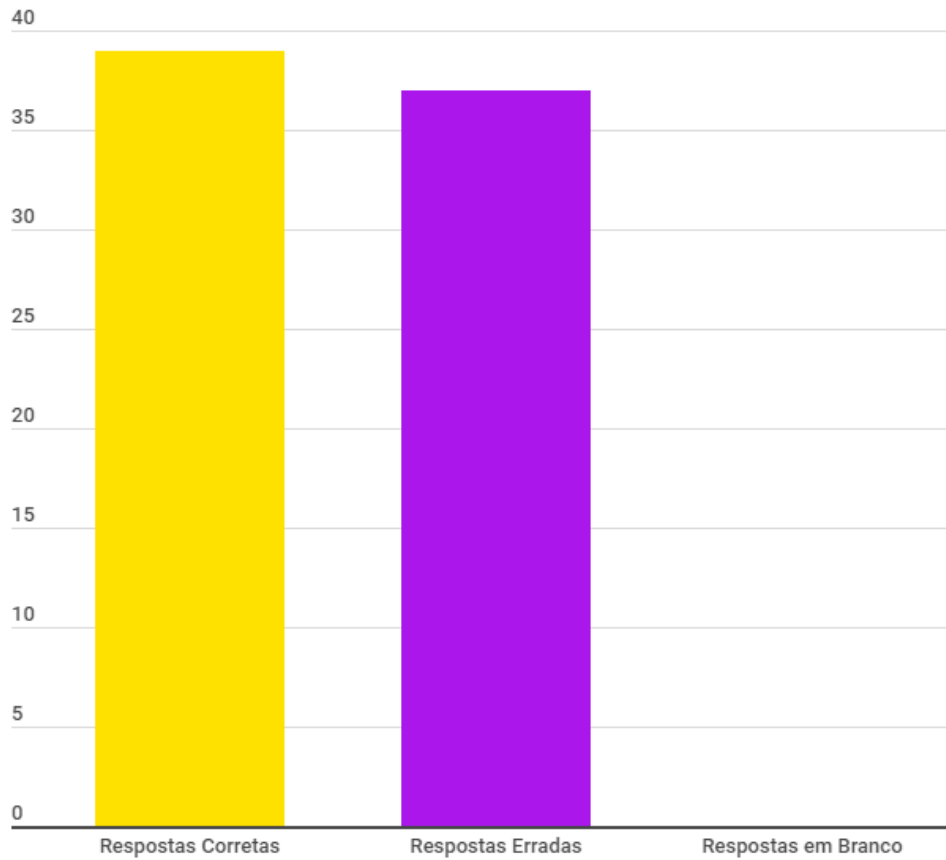
Fonte: Autoria própria.

O pós-teste de Ennis também apresentou um resultado interessante para a aluna. Pode-se perceber que a aluna desenvolveu melhor suas respostas básicas como por exemplo

sobre o sentido do que foi aprendido. A resposta foi a seguinte: *"Sim, por isso sempre pesquisei todo o conteúdo para aprender mais a fundo sobre o conteúdo."*

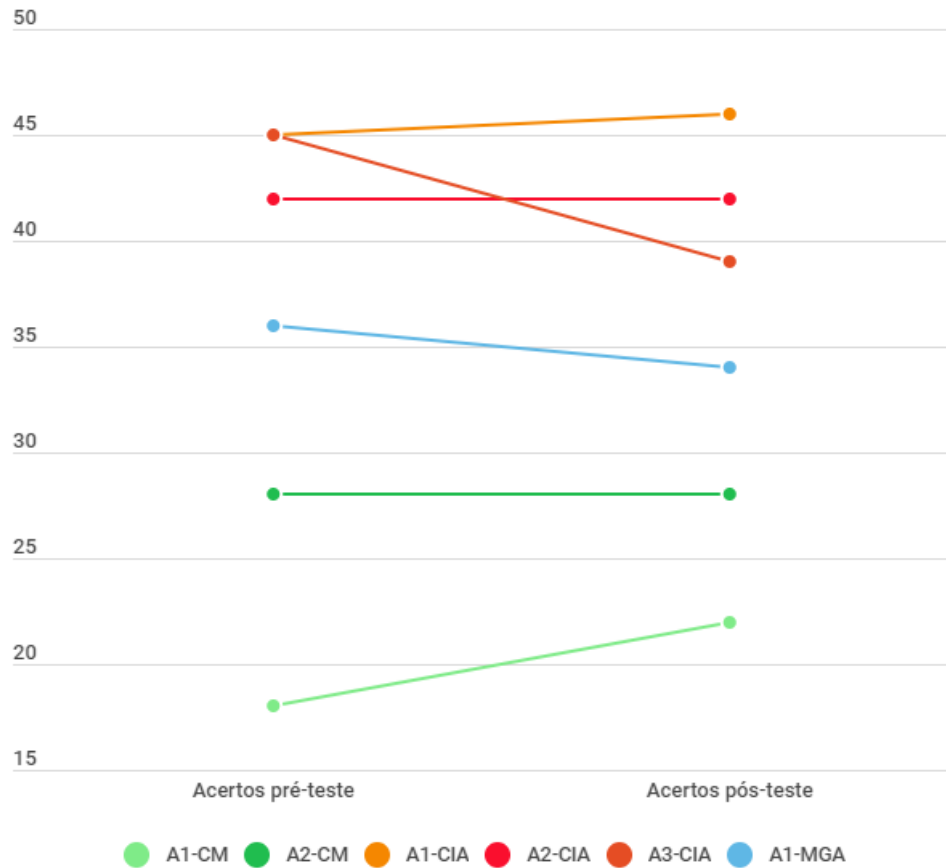
Por outro lado, aluno A2-CM obteve resultados curiosos. As respostas, tanto para o teste de Cornell quanto para o teste de Ennis não houveram muitas alterações. No teste de Cornell a quantidade de erros e de acertos foi a mesma, sendo 37% corretos e 53% errôneos. Sobre o teste de Ennis o mesmo não proporcionou diferenças significativas e as respostas foram praticamente iguais.

A aplicação realizada na cidade de Cianorte trouxe três resultados diferentes para as três alunas. A aluna A1-CIA acertou uma questão a mais do que no pré-teste, enquanto a aluna A2-CIA continuou com a mesma quantidade de acertos e erros. Por fim, a terceira aluna continuou com mais acertos do que erros, porém, errou mais questões que anteriormente, diminuindo seus acertos. Isso mostra que uma reflexão maior sobre as respostas a fez pensar criticamente sobre o teste. Como os resultados da aluna A1-CIA e A2-CIA foram semelhantes aos gráficos anteriores, apenas o gráfico da aluna A3-CIA será apresentado, visto que foi o único que teve uma mudança significativa. Essa mudança pode ser verificada na Figura - 6.6.

Figura 6.6: Análise de Respostas Pós-Teste da aluna A3-CIA.

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o pós-teste aplicado na cidade de Maringá também obteve um resultado diferente. A quantidade de acertos também diminuiu. A aluna A1-MGA que havia acertado 36 questões, agora acertou 34. Da mesma forma, a quantidade de erros aumentou, saindo de 40 e indo para 42. Isso nos leva a constatar que o pensamento crítico das alunas também influenciou nas respostas. Os resultados do pós-teste de Ennis foi semelhante, tanto para Maringá quanto para Cianorte. Algumas respostas foram mais elaboradas e outras menos elaborados. Dessa forma, pouca alteração foi constatada. A seguir, o gráfico da evolução das alunas por cidades sendo representado na Figura - 6.7.

Figura 6.7: Análise de acertos pré-teste e pós-teste.

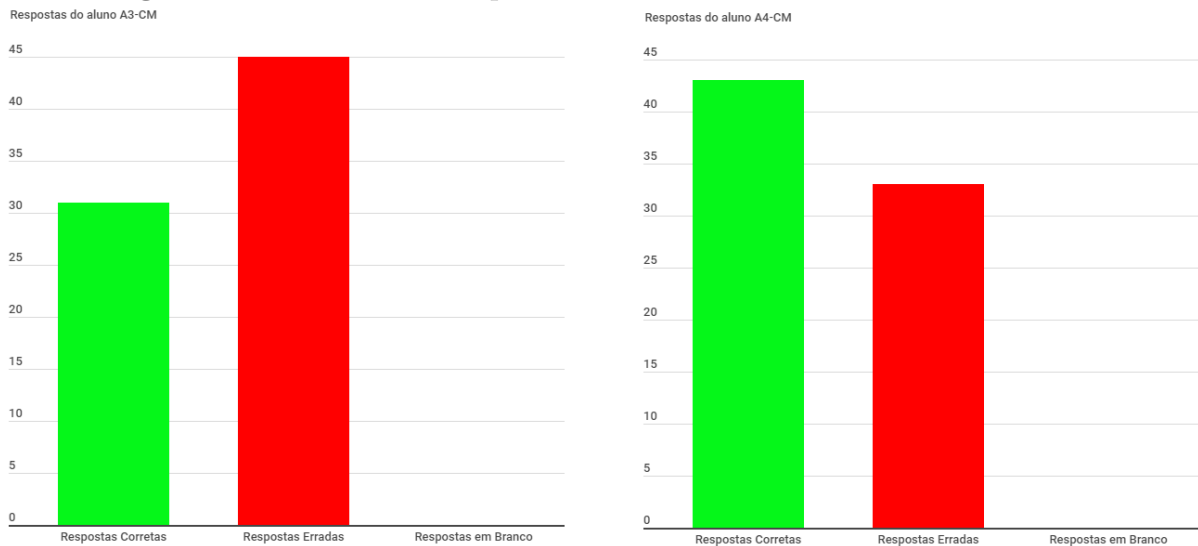
Fonte: Autoria própria.

A segunda aplicação ocorreu com novas turmas no ano de 2021 e em todas as cidades exceto na cidade de Maringá. Em Campo Mourão essa aplicação ocorreu com outras duas alunas, que serão denominadas respectivamente A3-CM e A4-CM. Em Cianorte com outros 3 alunos, que serão chamados de A4-CIA, A5-CIA e A6-CIA. Esta segunda aplicação conta então com 5 alunos no total de duas cidades. Vale ressaltar que os mesmos 5 kits da primeira aplicação estavam prontos para distribuição novamente.

Primeiramente, na cidade de Campo Mourão as duas alunas participantes responderam todas as questões. As respostas dos testes porém, foram bem diferentes. A aluna A3-CM acertou 31 questões e errou as outras 45, totalizando aproximadamente 41% de acertos. Esse resultado foi bem discrepante se comparado com o aluno A4-CM, que acertou 43 questões e errou as outras 33. O segundo aluno teve um total de aproximadamente 57% de aproveitamento. No geral a diferença pré-teste entre os alunos foi de 15%. O gráfico de acertos e erros de ambos os alunos pode ser visto na Figura - 6.8. Já, durante a aplicação do segundo teste percebeu-se que as respostas foram muito vagas, tais como: "Acontece"

ou *"Acredito que sim"*. Por outro lado o aluno A4-CM em todas as respostas respondeu apenas com duas respostas, que alternaram entre *"Não aprendi esse conteúdo"* e *"Não sei"*.

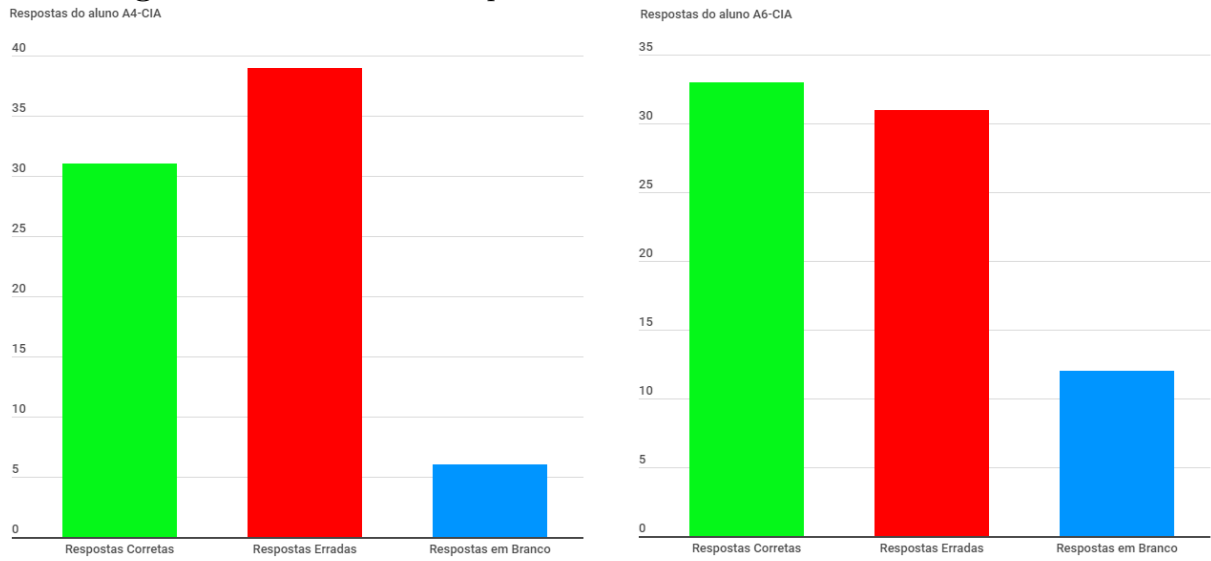
Figura 6.8: Análise de Respostas Pré-teste dos alunos A3-CM e A4-CM.



Fonte: Autoria própria.

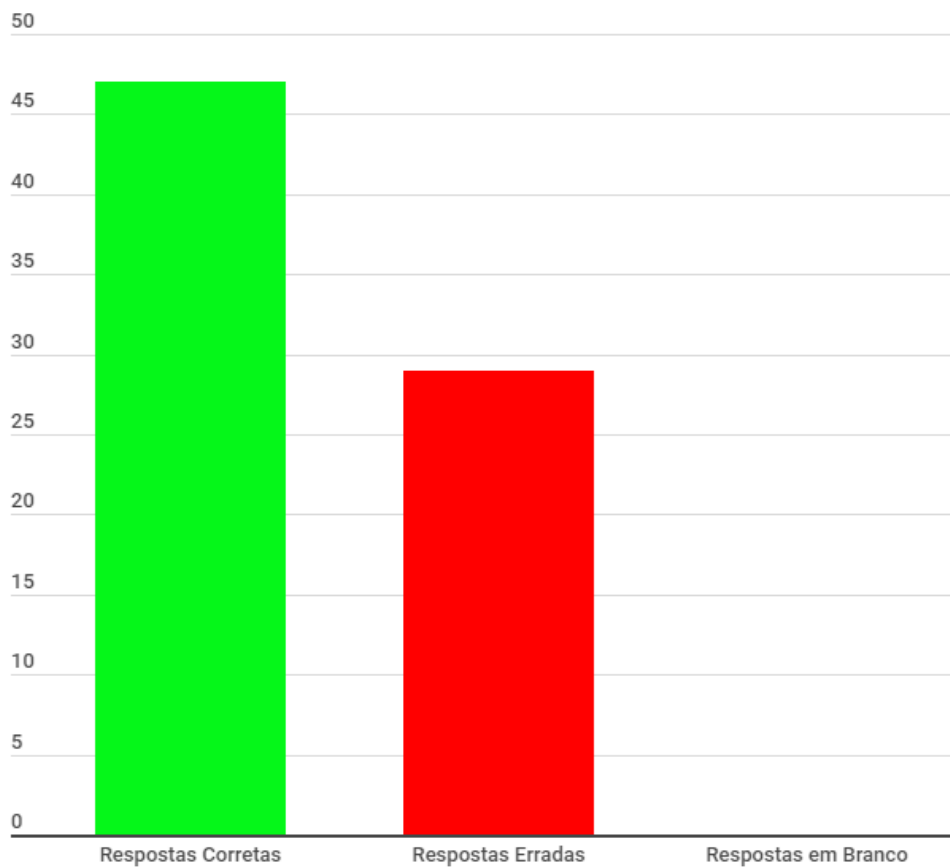
A aplicação do pré-teste na cidade de Cianorte foi efetuada com três alunos. Nesse teste os alunos demonstraram muito interesse nos conteúdos. Esse interesse fez com que o MannaVolt fluísse naturalmente rápido. No pré-teste de Cornell o aluno A4-CIA acertou 31 questões, errou outras 39 e deixou 6 questões em branco, totalizando aproximadamente 41% de aproveitamento. O aluno A5-CIA obteve o melhor desempenho em todas as aplicações, acertando 47 questões e errando apenas 29. Dessa forma o aluno obteve em torno de 62% de aproveitamento. Por fim, o terceiro aluno teve resultados muito próximos do primeiro, com 33 acertos. O que chamou atenção foi que o aluno A6-CIA deixou 12 questões em branco. Os gráficos de respostas dos alunos pode ser vistos na Figura - 6.9 e na Figura - 6.10.

Figura 6.9: Análise de Respostas Pré-teste dos alunos A4-CIA e A6-CIA.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6.10: Análise de Respostas Pré-teste do aluno A5-CIA.

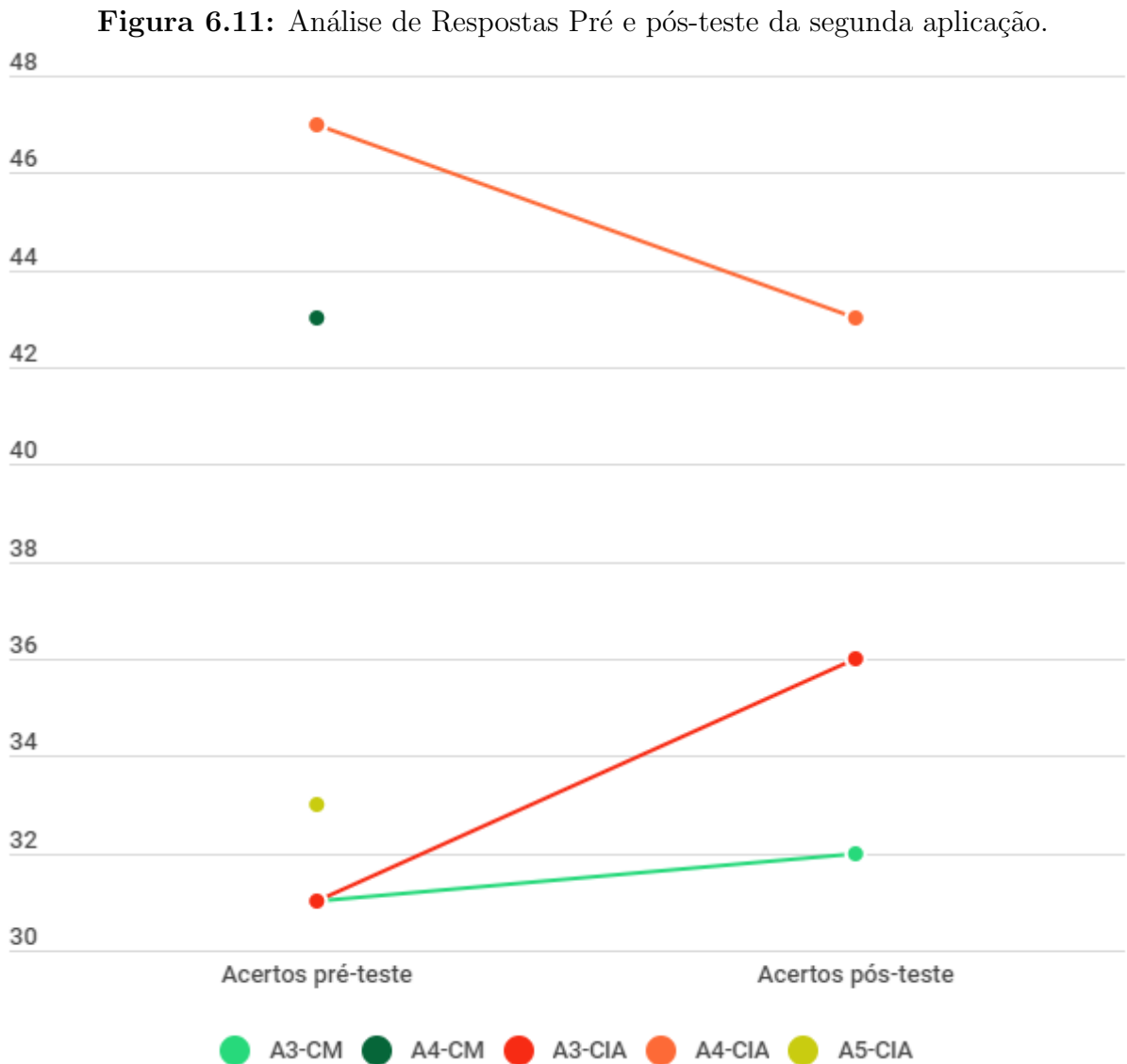


Fonte: Autoria própria.

Nas respostas do pré-teste de Ennis do aluno A4-CIA verificou-se que o mesmo realizou a tentativa de escrever uma resposta, formulando uma ideia sobre a resposta, porém a falta de conhecimento técnico sobre o assunto impediu-o de chegar à uma conclusão factível. O aluno A5-CIA respondeu apenas 2 das 13 questões, sendo que as respostas foram "Não sei". As demais foram deixadas em branco. Já o aluno A6-CIA teve respostas bem sucintas de, no máximo, três palavras. As respostas mais comuns foram "sims" e "nãos", demonstrando também a falta de conhecimento no assunto abordado no MannaVolt.

Durante o desenvolvimento do MannaVolt, dois participantes desistiram da continuidade das atividades alegando falta de interesse ou razões pessoais. Os participantes foram o A4-CM e o A6-CIA. Os resultados do pré-teste foram mantidos para análise e por esse motivo não foram descartados desse trabalho. Dessa forma, Campo Mourão passou a ter apenas um participante e Cianorte apenas dois.

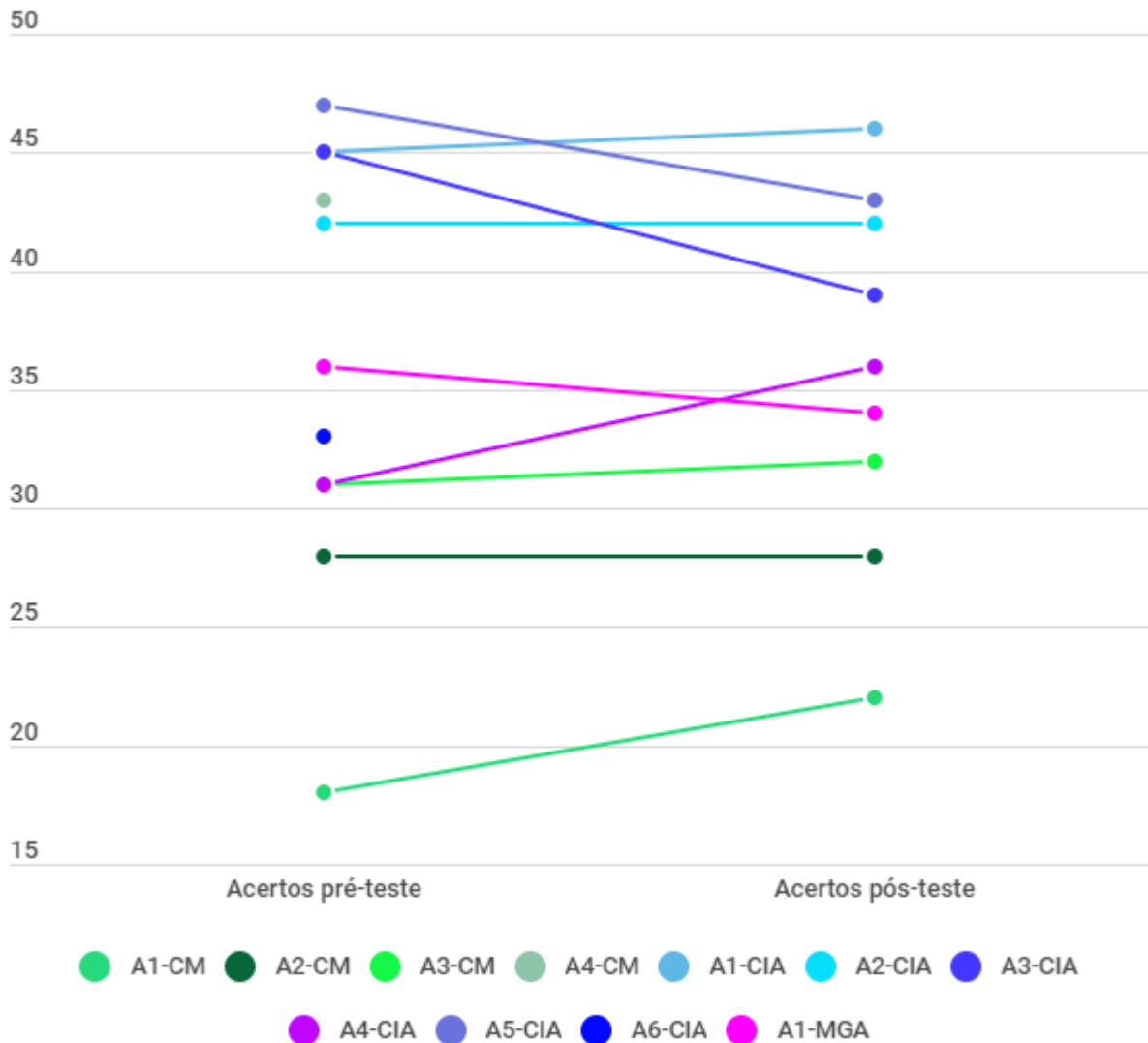
Na sequência da atividade, após o término das atividades do MannaVolt ocorreu-se o pós-teste. Na nova resolução dos questionários o aluno A3-CM acertou apenas uma questão a mais do que no pré-teste, porém, as respostas foram diferentes. O que leva a crer que o aluno aumentou a criticidade e a forma de entendimento das questões. Isso pode ser representado nas respostas bem formuladas do pós-teste de Ennis. Por outro lado na cidade de Cianorte observou-se resultados interessantes. O aluno A4-CIA havia deixado 6 questões em branco no pré-teste. No pós-teste ele deixou apenas duas, não obtendo certeza sobre o que responder. Porém, o aluno acertou cinco questões a mais do que no pré-teste, totalizando 36 acertos e um percentual de aproveitamento de aproximadamente 47%, com um aumento de 6% em relação a atividade anterior. O aluno A5-CIA que obteve a maior quantidade de acertos entre todos os testes, após o pensamento crítico ser estimulado, diminuiu a quantidade de acertos, passando de 47 para 43. Apesar disso, o aluno manteve um percentual de acerto de criticidade acima de 50%. A avaliação do pós-teste de Ennis também trouxe resultados interessantes em ambas as cidades. Percebeu-se que a capacidade de elaboração de resposta foi muito melhor e completa pelos alunos. Dessa forma levou-se a crer que o trabalho foi bem sucedido. A Figura - 6.11 mostra a comparação de aplicações pré e pós-teste nas cidades durante a segunda aplicação.



Fonte: Autoria própria.

Para entender melhor sobre os resultados das duas aplicações, optou-se por desenvolver um gráfico comparando os acertos pré e pós-testes de todas as turmas de ambas as aplicações. Essa comparação pode ser verificada no gráfico da Figura - 6.12, apresentando a evolução do aluno com as atividades do MannaVolt.

Figura 6.12: Análise de Respostas Pré e pós-teste de todos os alunos do MannaVolt.



Fonte: Autoria própria.

O segundo relato apresentado é a vivência das aplicações e resultados do MannaIno. Após responderem aos questionários as alunas foram reunidas em um grupo online para que fosse possível repassar os recados sobre as aulas e disponibilizar o link de acesso às aulas. Esse link foi privado para os participantes envolvidos. Nesse ambiente virtual foi possível reunir todas as 5 cidades ao mesmo tempo, trabalhando todos juntos para o andamento do curso. Um total de 10 kits estavam disponíveis para a aplicação das aulas.

As aplicações do MannaIno foram desenvolvidas nos meses de agosto e setembro de 2021, sendo distribuídas em sete encontros. Essa quantidade de encontros foi seguida corretamente pois ocorreu um êxito no desenvolvimento das aulas, não sendo necessários mais encontros do que o esperado. A disponibilidade do instrutor para sanar dúvidas

também vale destaque, pois dessa forma dúvidas pontuais poderiam ser esclarecidas em horários sem aula. De uma forma geral, os encontros ocorreram em 3 semanas por aproximadamente 1:30 horas por dia, porém o desenvolvimento do material teve início em maio de 2021, totalizando 22 semanas entre preparação de material, seleção do material didático, execução dos encontros e desenvolvimento das atividades. No total, estima-se que 144 horas tenham sido destinadas ao desenvolvimento do MannaIno.

A primeira atividade desenvolvida no MannaIno, como informada anteriormente, foi o preenchimento do questionário para coleta de dados de cada aluna. Após essa coleta ocorreu a entrega dos kits e a preparação das alunas para o início do curso. A seguir será esclarecido o que ocorreu em cada aula do curso.

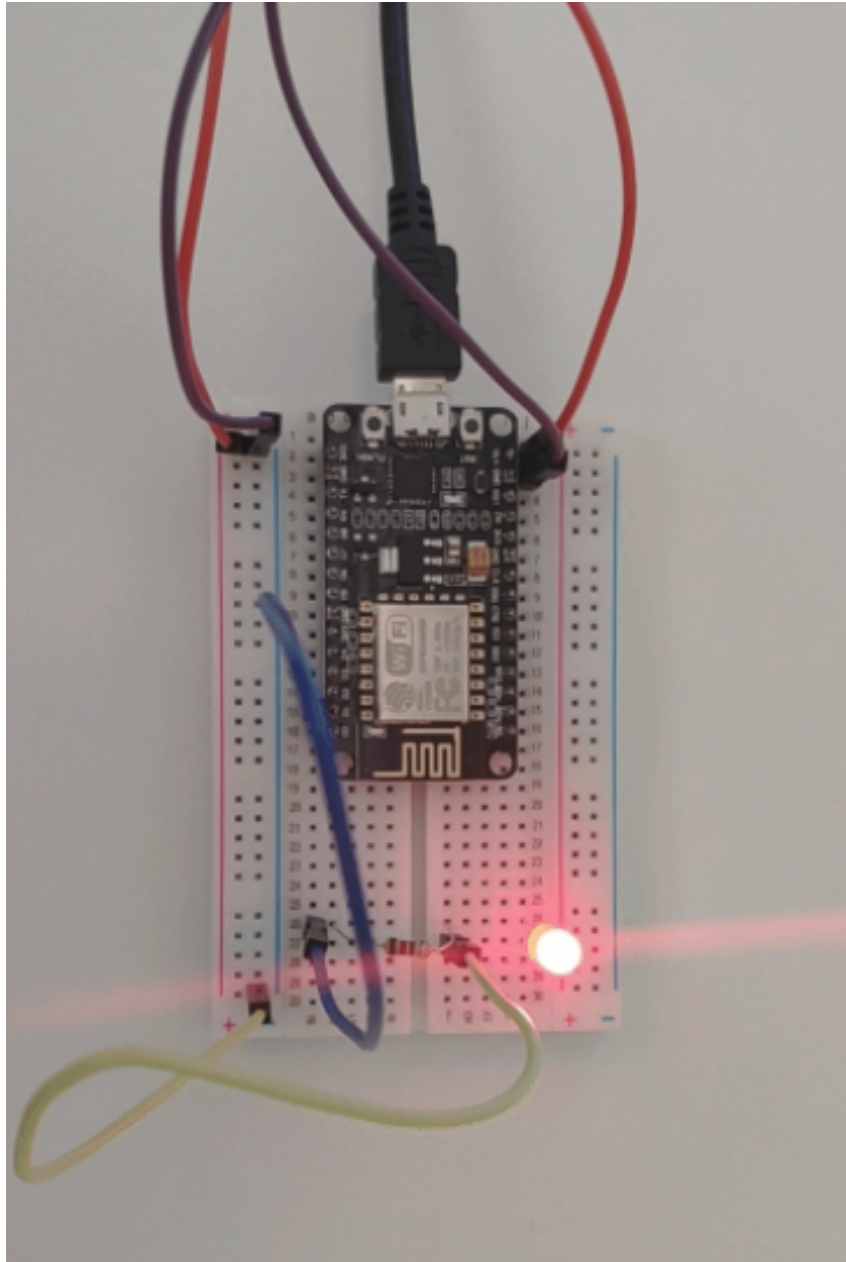
Aula 01: No primeiro encontro foi apresentado o material introdutório para as alunas. Nesse material foi apresentado às elas a forma que seria trabalhado o MannaIno. O kit foi apresentado juntamente com seus componentes e uma explicação sobre cada item e sua forma de ser utilizada foi realizada. Ainda durante o material introdutório foi apresentado o conteúdo de elétrica e eletrônica, diferenciou-se o que era analógico de digital, apresentou-se o Arduino juntamente com exemplos de circuitos montados no mesmo. Durante esse primeiro encontro também foi ensinado como conectar fios e componentes em uma placa e quais suas possíveis aplicações. Por fim, passou-se a necessidade de instalação da IDE do Arduino e a configuração para a utilização do *NodeMCU*.

Aula 02: No segundo encontro verificou-se a necessidade de apresentar conceitos iniciais sobre fundamentos de algoritmos. Entende-se que para alunos que estejam no início de seu curso de graduação, essa apresentação do conteúdo é necessária pois muitos alunos tem dificuldade nesse desenvolvimento. Explicou-se o que é um algoritmo, o que é uma linguagem e alguns exemplos foram apresentados, como somar dois números ou multiplicá-los. Destaca-se também que todas as alunas já tinham um contato inicial com a programação, portanto o conteúdo acabou sendo uma revisão para as participantes e não o ensino totalitário de uma disciplina de Algoritmos na graduação. Dessa forma, mostrou-se como transpassar esses códigos para o Arduino sendo o primeiro contato com o material. Por fim, um conteúdo sobre lógica também é apresentado.

Aula 03: O terceiro encontro já foi o suficiente para apresentar alguns desafios práticos. O primeiro desafio apresentado aos participantes foi o de fazer um LED piscar. Foi criado um projeto com Arduino e *NodeMCU* em que o LED fica aceso por 1 segundo e apagado por 1 segundo. Explicou-se todas as ligações necessárias para que o LED acendesse e os participantes deveriam reproduzir o que vos era apresentado. Uma câmera foi apontada para o projeto do instrutor, dessa forma era possível verificar todas as ligações

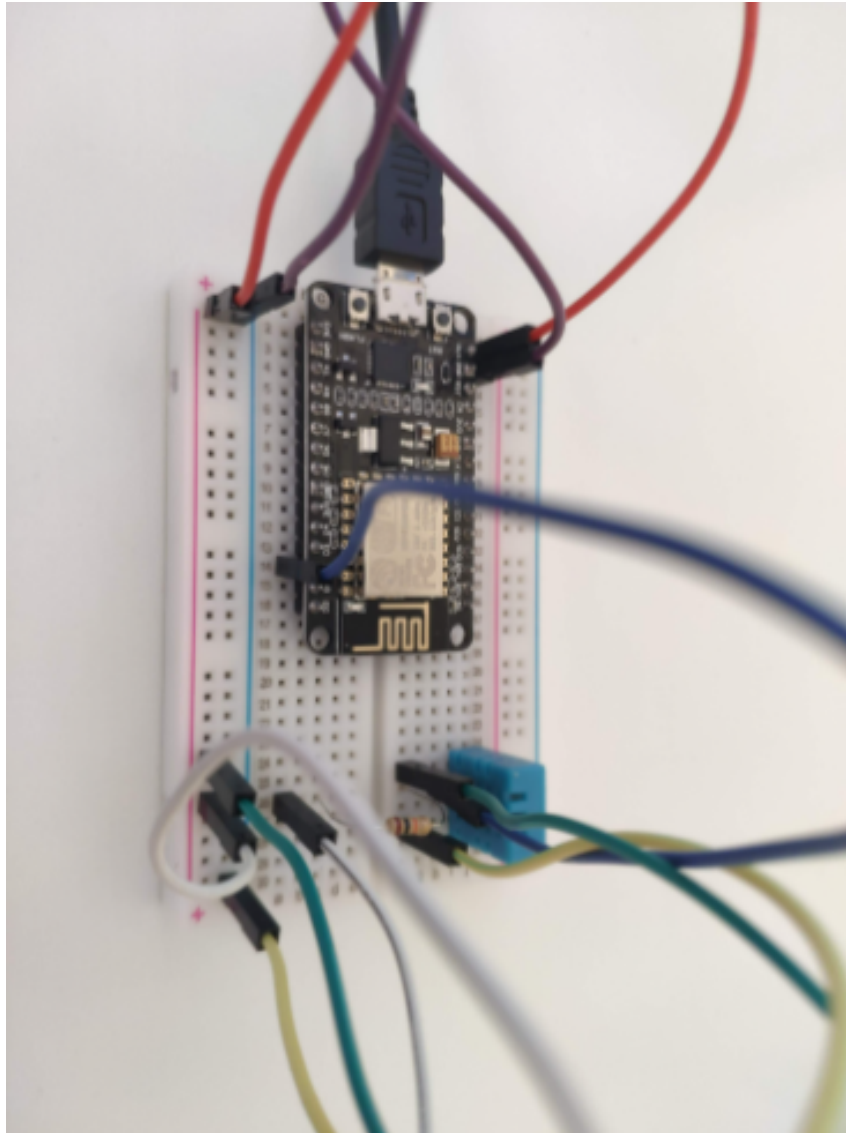
que o mesmo realizava e os participantes poderiam reproduzir exatamente igual. Após a montagem do primeiro desafio foi apresentado o código necessário para que o LED piscasse. A Figura - 6.13 mostra o funcionamento e o que foi apresentado nesse primeiro desafio para as alunas. Para essa aula foi proposto dois desafios, sendo assim o segundo é um sensor de temperatura e umidade. Para o segundo desafio utilizou-se o sensor DHT11 que verifica a umidade relativa do ar. As ligações necessárias foram apresentadas e para esse experimento foi necessário adicionar uma nova biblioteca sobre a IDE do Arduino. Auxiliou-se então na instalação dessa biblioteca e o código foi apresentado. A Figura - 6.14 mostra a montagem desse segundo desafio.

Figura 6.13: Desafio I - LED piscando.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6.14: Desafio II - Sensor de temperatura e umidade.

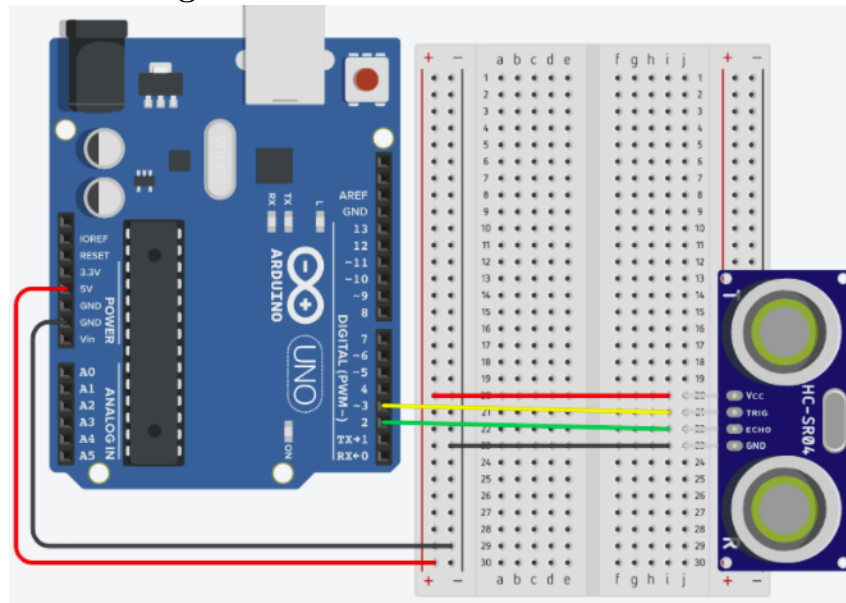


Fonte: Autoria própria.

Aula 04: O quarto encontro seguiu os preceitos do terceiro, apresentando aos alunos outros dois desafios práticos. O terceiro desafio foi composto por um sensor de distância ultrassônico, esse sensor é o HC-SR04. Esse sensor envia um pulso sonoro de alta frequência que se propaga na velocidade do som no ambiente em questão. Quando este pulso atinge um objeto o sinal de eco será refletido para o sensor. Dessa forma a distância entre o objeto e o sensor pode ser calculada, porém existe um limite de 400cm. A Figura - 6.15 apresenta a montagem desse circuito. O segundo desafio dessa aula utiliza um *Buzzer*. Nesse desafio é criado um projeto com Arduino e *NodeMCU* que emite um sinal sonoro audível. O *buzzer* é um atuador que envia sinais sonoros em uma frequência

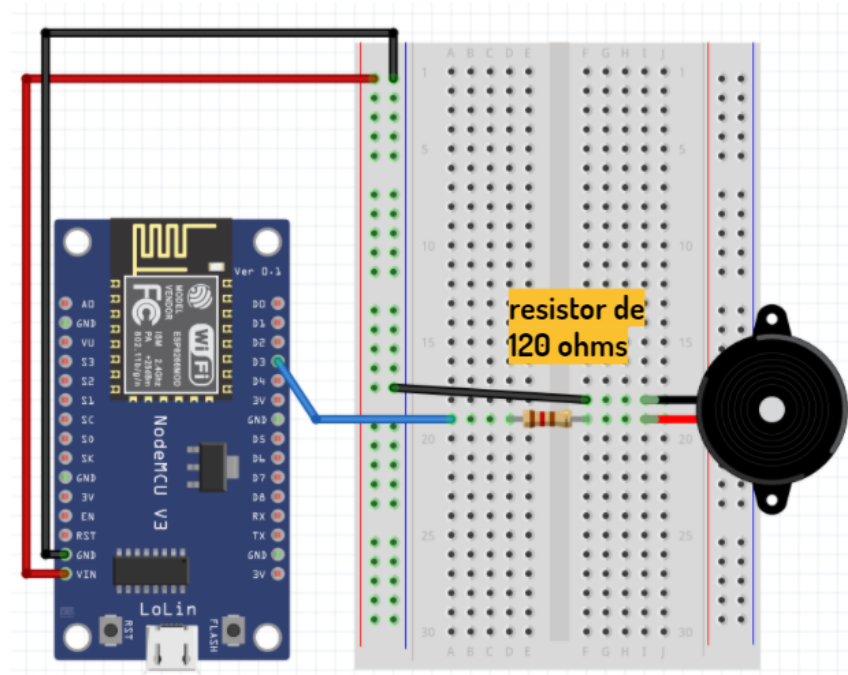
controlada por código. É passado o código para o aluno para que o mesmo realizasse o acompanhamento dessa implementação de desafio, podendo visualizar em sua casa o funcionamento correto do circuito. A Figura - 6.16 mostra um exemplo da montagem desse sensor.

Figura 6.15: Desafio III - Sensor sonoro.



Fonte: Autoria própria.

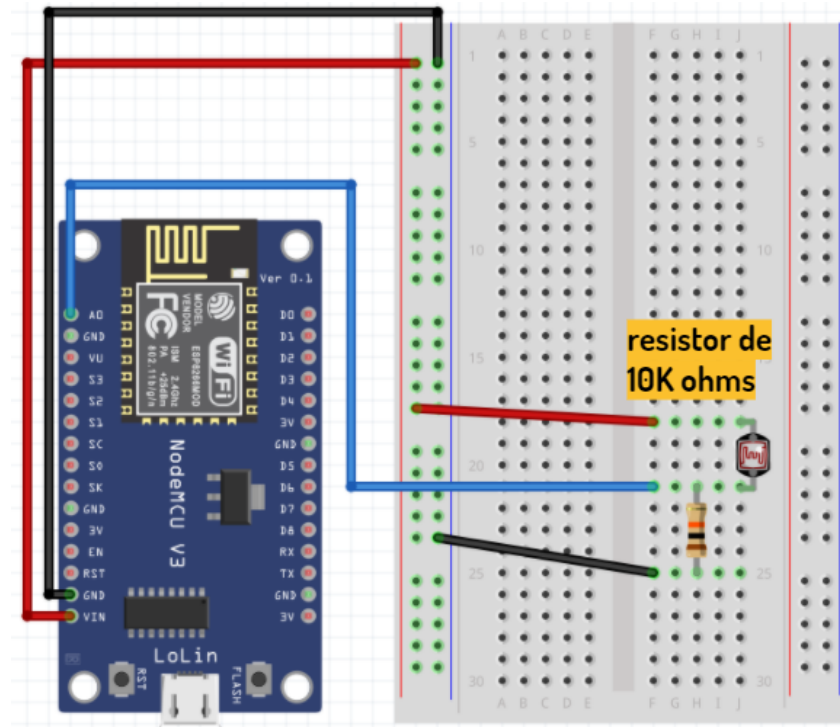
Figura 6.16: Desafio IV - *Buzzer*.



Fonte: Autoria própria.

Aula 05: O quinto encontro apresentou o último desafio para os alunos, uma introdução a Internet das Coisas e a distribuição de projetos em dupla. O desafio 5 é o de sensor LDR. Esse desafio consiste em criar um projeto com o Arduino e NodeMCU que consegue identificar o nível de luminosidade em um ambiente. Para isso utiliza-se o sensor referido, que funciona com uma resistência fotosensível, ou seja, quanto mais luz atinge o componente, menor a condutividade do sensor. Um exemplo das conexões desse sensor pode ser averiguado na Figura - 6.17. Continuamente na aula os alunos são introduzidos à um conteúdo sobre IoT, que utiliza os conhecimentos obtidos até o momento do curso e podem ser utilizados para uma aplicação futura e desenvolvimento acadêmico dos participantes. Ao final dessa aula foram separados em duplas a fim da realização do projeto final do MannaIno.

Figura 6.17: Desafio V - Sensor LDR.



Fonte: Autoria própria.

Esses projetos são divididos em 3 atividades para as 5 duplas, sendo o primeiro projeto o desenvolvimento de um simulador de uma lâmpada que identifica a intensidade de luz em um ambiente e liga ou desliga um LED. Por tanto, o primeiro projeto consiste do desenvolvimento de um código que identifique esse nível de luminosidade e regule o LED para acender ou apagar, assim como o desenvolvimento do circuito. O segundo projeto consiste no desenvolvimento de um sensor de ré que acende um LED de acordo com a distância que o veículo está do obstáculo. Da mesma forma, é necessário desenvolver um código para identificar essa distância. O último projeto é basicamente o mesmo sensor de ré, porém, esse utiliza outros componentes do kit, como o *buzzer* que é desligado se o obstáculo estiver muito distante; acionar o mesmo uma vez cada 200 milissegundos caso o obstáculo estiver distante; duas vezes a cada 200 milissegundos se estiver à uma distância média e quatro vezes a cada 200 milissegundos se estiver próximo.

Para a divisão das equipes da **Aula 05** foi utilizado o questionário VARK que foi aplicado antes do início do curso. O questionário VARK divide os participantes entre Visual, Auditivo, (R)Leitura/Escrita e (K)Cinestético. Tentou-se então realizar a divisão das duplas da forma mais equilibrada possível, porém a maioria dos alunos era cinestético. Dessa forma, a divisão foi realizada por extremos opostos, como por exemplo,

quem obteve maior pontuação em visual, faria par com alguém de maior pontuação cinestética, ou até mesmo alguém mais auditivo com um leitor/escritor.

Aula 06: A sexta aula foi simples e foi uma aula extra para que as alunas enviassem suas dúvidas e dificuldades durante o desenvolvimento do projeto final. Essa aula, especialmente, foi a única aula em que não existiu um tempo de duração, ou seja, enquanto as duplas persistissem com dúvidas a aula duraria.

Aula 07: Por fim, a última aula foi destinada para a apresentação do projeto final de cada dupla. Para essa apresentação foi pedido à cada dupla que gravasse um vídeo rápido, de no máximo 5 minutos, explicando o experimento mostrando seu funcionamento e o código desenvolvido. Dessa forma todos puderam acompanhar o que foi realizado pelas equipes, incluindo formas diferentes de se trabalhar, pois alguns projetos eram iguais aos outros. Para melhorar o entendimento, além do vídeo gravado também foi pedido que ocorresse uma explicação oral sobre o projeto. Ao fim da aula foi aplicado também o questionário SOLO, que será explicado na seção seguinte.

Para o desenvolvimento das aulas apresentadas anteriormente foi necessário uma longa construção com o instrutor do curso. Para que essa conclusão obtivesse êxito, vários testes e análises foram realizados. Para isso, foi necessário realizar uma aplicação do projeto em uma turma experimental, a qual foi chamada de *Turma 0*. Essa turma foi formada por 3 alunos integrantes do Grupo Manna que variaram entre a graduação e a pós-graduação. O conhecimento prévio desses alunos sobre o tema abordado no curso era muito pouco, dessa forma seria uma novidade para os mesmos.

Para a aplicação do experimento com essa turma menos encontros foram necessários, além de que o projeto final também não foi desenvolvido. O conteúdo e a montagem dos circuitos foram realizados durante a atividade. Para um experimento inicial, pode-se verificar o que estava correto e o que estava errado no curso desenvolvido. Como por exemplo, em um dos experimentos uma conexão errada acabou queimando um sensor do kit. Dessa forma o aluno não conseguiu realizar algumas atividades. Após o ocorrido resolveu-se optar por uma camera gravando o circuito montado pelo instrutor. Outro ponto de destaque é que o Coordenador Geral acompanhou o desenvolvimento das atividades por meio de um simulador online chamado *Thinkercad*, que é um software que acompanha o desenvolvimento de circuitos via *browser*. Foi optado por esse simulador para os casos em que algum outro componente queimasse e não permitisse o desenvolvimento da atividade. Como isso não ocorreu na aplicação oficial, não foi necessário utilizá-lo. Destaca-se que isso ocorreu com apenas um participante, sendo que os outros dois conseguiram concluir as montagens do circuito corretamente.

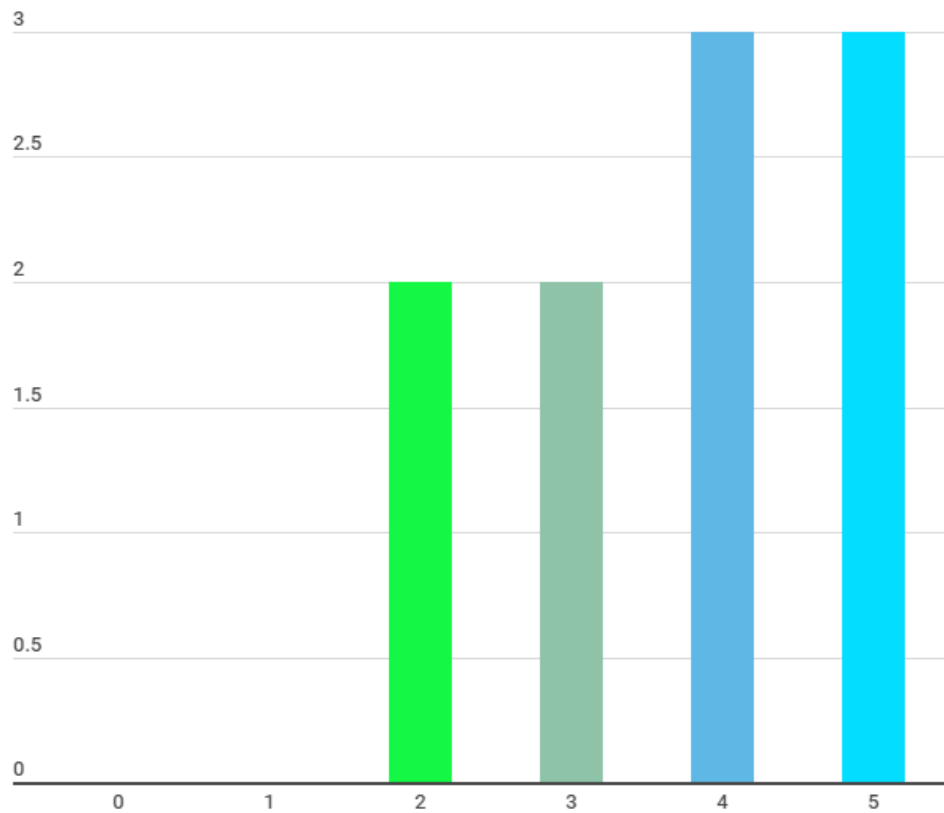
Um dos grandes desafios desse trabalho foi encontrar a melhor forma de avaliar o que estava sendo proposto. Dentro dessa avaliação optou-se por não seguir as mesmas formas de avaliação do MannaVolt e, para isso, aplicou-se uma avaliação baseada em projetos e a análise da taxonomia SOLO.

O primeiro método de avaliação consiste na análise do desenvolvimento dos desafios propostos anteriormente. Esses desafios foram classificados entre sucesso e insucesso. A aplicação do MannaIno apresentou apenas casos de sucesso durante seu desenvolvimento, sendo que todas as equipes conseguiram encontrar uma solução e apresentá-la para toda a turma. Por outro lado, entende-se que esse método não é consistente para avaliar o desenvolvimento do aluno. Dessa forma, foi necessário um método mais conciso.

A segunda forma de avaliar vem da taxonomia SOLO. Para tornar essa aplicação coerente foi necessário atribuir valores para as respostas das perguntas individuais de cada aluna. Para complementar a atribuição de pontos foi necessário também classificar as respostas fornecidas de acordo com a taxonomia apresentada. A Tabela - 4.4 mostra a nomenclatura utilizada, sua descrição e o valor atribuído para cada análise de resposta.

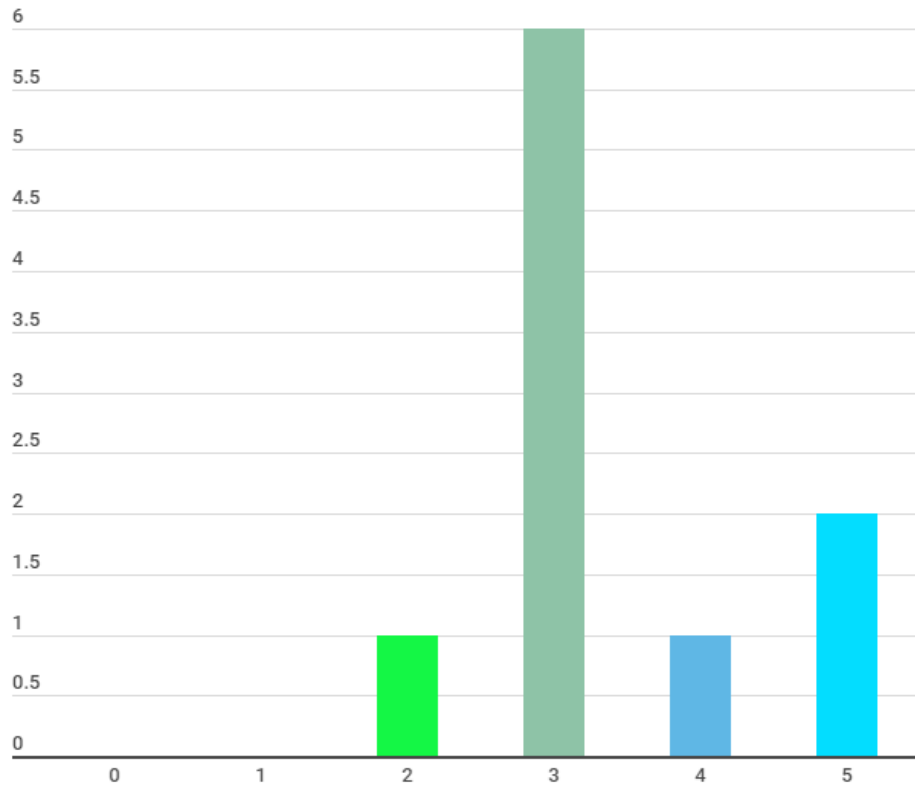
Como pode-se verificar na Tabela - 4.4, as primeiras quatro perguntas são referentes ao ensino aprendido no MannaIno, as duas últimas são voltadas à um feedback geral da forma trabalhada no curso. Por esse motivo, a aplicação da taxonomia SOLO só pôde ser aplicada as quatro questões iniciais. As 10 alunas participantes do curso serão denominadas de "Ino", seguido pelo número da participante, variando de 1 a 10. Portanto, a primeira aluna será chamada de Ino1, a segunda de Ino2 e assim consecutivamente.

Para realizar a análise dos dados atribui-se então os pontos explicados na árvore de avaliação de acordo com cada resposta das alunas. Essa análise foi feita pelo Coordenador Geral e de forma anônima por cada participante. Logo na primeira questão pode-se verificar uma discrepância nas respostas das alunas. Embora nenhuma aluna tenha respondido de forma errada ou deixado em branco, algumas respostas foram muito vagas e uma solução parcialmente correta, não estando de acordo com o aprendido no curso. Das 10 alunas envolvidas, duas acertaram a resposta parcialmente somando 2 pontos, outras duas acertaram a resposta e apresentaram uma ideia e com isso somaram 3 pontos. Três alunas apresentaram uma resposta coerente e com ideias bem apresentadas, porém com a falta de uma conexão entre as ideias, totalizando 4 pontos e por fim outras três alunas acertaram completamente e souberam associar suas respostas. A Figura - 6.18 apresenta essas pontuações.

Figura 6.18: Pontuação da questão 1 - Taxonomia SOLO.

Fonte: Autoria própria.

A segunda questão do questionário aplicado envolve a definição do que é um algoritmo e é pedido um exemplo. Esperava-se nessa questão que o aluno respondesse o que é um algoritmo e apresentasse alguns argumentos sólidos para provar sua resposta. Muitas das respostas foram: "Um algoritmo é uma sequência de passos." E não citou exemplos ou algo parecido, outras respostas como "é uma sequência de comandos que realizam algum tipo de ação" também não obtiveram nota integral pois não há a formulação de uma ideia elaborada e nem um exemplo apresentável. As alunas que tiveram 5 pontos nessa questão apresentaram respostas sobre o questionamento, analisaram com o mundo real e entregaram uma sequência de código como exemplo. Isso apresenta suas ideias concretas sobre a solução. Partindo dessa explicação, uma aluna fez 2 pontos, 6 alunas fizeram 3 pontos, uma aluna fez 4 pontos e duas alunas 5 pontos. Esse gráfico pode ser verificado na Figura - 6.19.

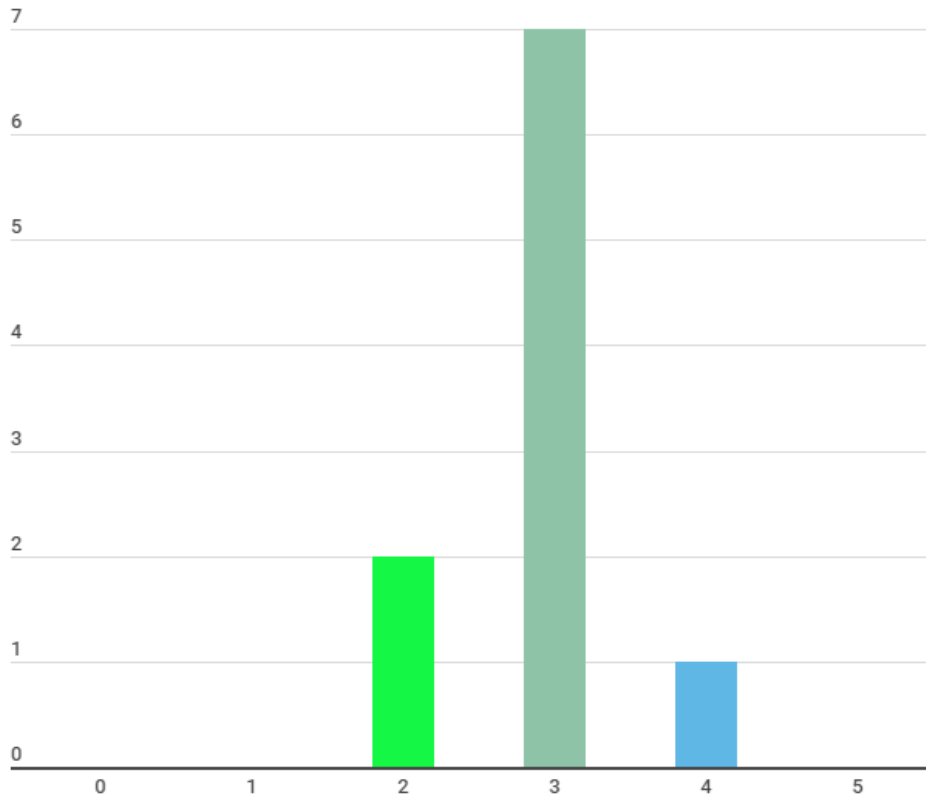
Figura 6.19: Pontuação da questão 2 - Taxonomia SOLO.

Fonte: Autoria própria.

A terceira questão é semelhante a anterior, porém dessa vez o aluno deveria explicar o que é IoT e escrever tudo o que ele saberia sobre esse assunto, além do que foi aprendido no curso. Era esperado que o aluno explicasse o significado de IoT, trazendo exemplos reais para assimilação de sua ideia e comprovando sua resposta. Algumas alunas foram objetivas em suas respostas, como por exemplo: "Internet das Coisas é tudo aquilo que envolve internet, sendo a conexão do usuário ou o ambiente com a internet.". Mais uma vez, destaca-se que a resposta não está errada, mas não há uma estruturação de ideias, apenas o fato sem nenhum exemplo. Outro exemplo de resposta apresentada foi: "Conexão de objetos com a internet". Uma das respostas mais completas sobre essa questão foi: "Objetos inteligentes, que tem acesso à informações e assim conseguem processar esses dados e executar ações. Eles fazem isso por meio da programação". Nessa resposta a aluna assimilou uma ideia corretas sobre o real significado da questão e que foi aprendido no curso, explicando o que é internet das coisas e relacionando-a com a programação. Dess forma, apesar de nenhuma resposta estar errada, duas alunas obtiveram 2 pontos, sete alunas obtiveram 3 pontos e uma aluna obteve 4 pontos. Não

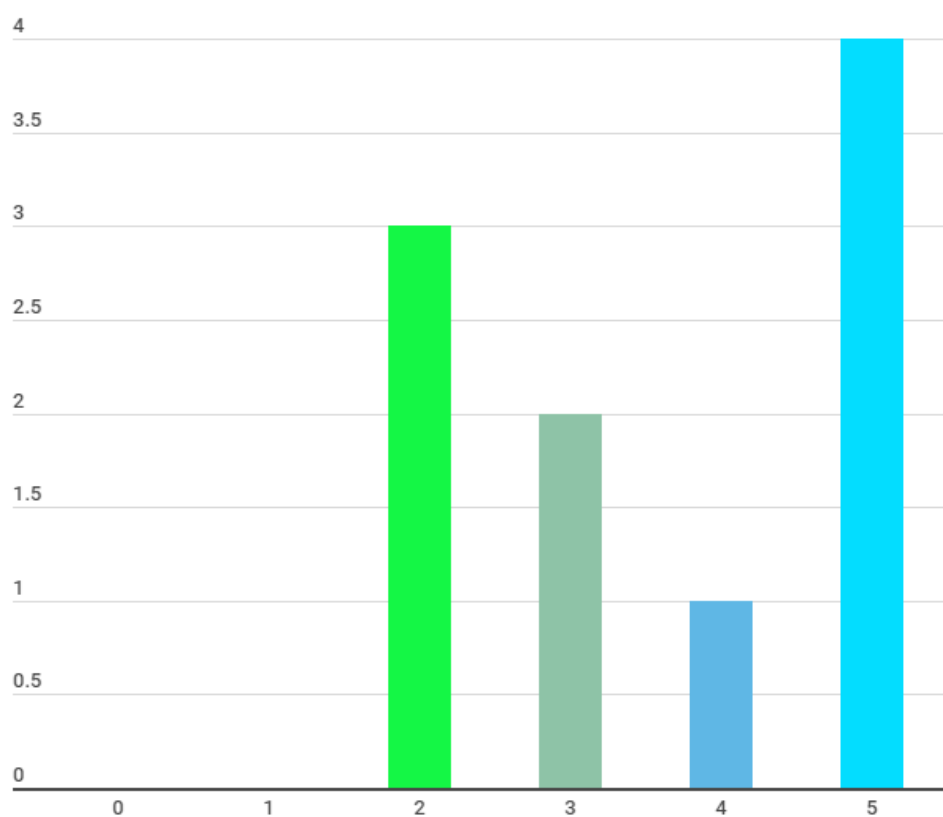
houve nenhum participante que atingiu a resposta totalmente correta pela taxonomia SOLO. A Figura - 6.20 a seguir mostra esses acertos.

Figura 6.20: Pontuação da questão 3 - Taxonomia SOLO.



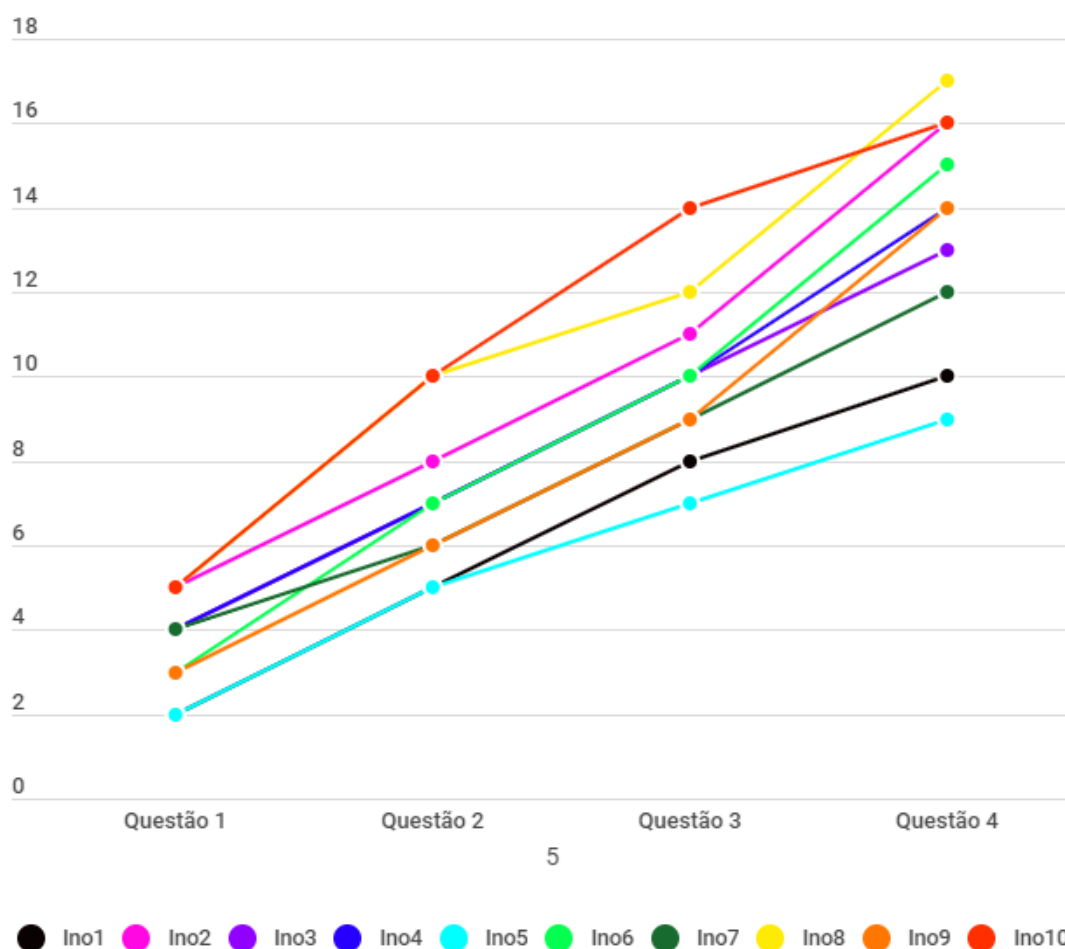
Fonte: Autoria própria.

A quarta questão é a questão que mais poderia haver uma elaboração de resposta do participante. Dentro esperava-se que o aluno pensasse em um problema de seu cotidiano e resolvesse aplicar o conhecimento obtido sobre IoT para pensar em uma nova solução desse problema, trazendo informações sobre que hardware, software ou que componentes usaria e como a aplicação funciona. Algumas respostas chamaram atenção pela falta de elaboração do aluno, tal como: "Estacionar o carro. Sensor de ré.", esse exemplo foi o que foi estudado durante o curso e não houve uma criatividade no desenvolvimento da questão. Outros alunos desenvolveram um raciocínio longo, apresentando problemas do mundo real e da sua realidade de vida, com pensamentos *out of box* e extensos. Analisando as respostas três alunas obtiveram 2 pontos, duas alunas obtiveram 3 pontos, uma aluna obteve 4 pontos e por fim quatro alunas obtiveram 5 pontos. A figura representa essa pontuação.

Figura 6.21: Pontuação da questão 4 - Taxonomia SOLO.

Fonte: Autoria própria.

Após a análise questão à questão dos alunos, foi verificado a média entre todos os participantes. Essa média foi de 14,6 pontos no total, como se cada questão valesse aproximadamente 3.65 pontos. A pontuação total das alunas variou entre 9 e 17 pontos, sendo respectivamente a mais baixa e a menor de todas as pontuações. A Figura - 6.22 a seguir mostra a evolução de cada aluno, questão à questão.

Figura 6.22: Total da pontuação de cada aluno no questionário SOLO.

Fonte: Autoria própria.

Em seguida ocorreu a análise das outras duas questões, responsáveis por fornecer um feedback sobre o trabalho em equipe e o projeto em si. A questão 5 tratou sobre o desenvolvimento do projeto final em duplas. Algumas duplas relataram dificuldades pessoais para o desenvolvimento do projeto, outras foram afetadas pela falta de energia elétrica ou internet, que acabou comprometendo a construção do projeto e a comunicação com a dupla. As duplas que tiveram esse problema de comunicação conseguiram sobressair os problemas, cada uma de um jeito. Porém, de uma forma geral, os relatos sobre o desenvolvimento em duplas foram positivos e as participantes gostaram dessa forma de trabalho e elogiaram a dupla recebida.

Por outro lado, na questão 6 foi perguntado se as alunas poderiam sugerir melhorias para o desenvolvimento do curso. Em muitas respostas as alunas informaram que as instruções fornecidas durante o curso foram claras e diretas, tornando-se diferente de

outros cursos que já participaram anteriormente. Também outro elogio foi referenciada à metodologia aplicada, que é uma das propostas deste trabalho. Outras alunas relataram muita dificuldade na programação. Entende-se que esse curso não tem como objetivo principal ensinar o aluno a programar, e sim entender o objetivo e a criação de formas de utilização da IoT. Esse esclarecimento no *feedback* pode resultar nas respostas com baixa pontuação sobre a programação. Uma participante sugeriu que mais projetos finais fossem acrescentados, para que seja possível uma prática maior de experimentos. Por fim, outro *feedback* que merece destaque foi o de uma participante que comentou que gostaria de escolher a dupla para o projeto final e, exceto isso, o curso foi impecável. Vale atentar que a possibilidade de escolha de duplas não é o tratado neste trabalho, já que as duplas foram separadas conforme o equilíbrio do questionário VARK.

6.2 Resultados da Segunda Aplicação

Durante os meses de Abril e Maio de 2022 ocorreram outras aplicações do MannaVolt e do MannaIno. A aplicação do MannaVolt ocorreu no Instituto de Educação de Maringá e foi desenvolvido dentro da sala de alunos com altas habilidades. Pela limitação da quantidade de kits (5 no total) a realização desse trabalho deu-se com somente cinco alunos.

Essa aplicação do MannaVolt teve problemas com a alocação de uma data em que todos os cinco alunos e a instrutora estivessem disponíveis. Nas salas de altas habilidades os alunos comparecem à instituição duas vezes por semana, porém, nem todos vão no mesmo dia. Assim como a instrutora, que não poderia comparecer as atividades presenciais durante a semana. Dessa forma, para viabilizar a aplicação desse estudo, as aulas ocorreram de forma remota, via *Google Meet*.

A sequência das atividades ocorreu da mesma forma da primeira aplicação. Foi combinado uma data inicial para a entrega dos kits e apresentação do trabalho, no qual os alunos interessados se manifestaram para a participação do projeto. Nesse encontro presencial também foi apresentado o grupo Manna, o qual também despertou interesse de participação nos alunos. Nessa segunda aplicação foi adicionado um diário de bordo, que é um documento que registra as atividades dos alunos e uma avaliação dos mesmos referenciando a aprendizagem em aula, que é preenchida pelo instrutor. Além disso, também ocorre um resumo de tudo o que foi abordado e apresentado durante a aplicação.

Por fim, as aplicações dos questionários foram realizadas com os alunos, porém, até a data de término de escrita deste trabalho, as avaliações não foram entregues pelos alunos. Dessa forma, os resultados dessa segunda aplicação da atividade do MannaVolt não serão apresentados neste trabalho.

Ao mesmo tempo em que a aplicação do MannaVolt ocorria, também ocorreu a segunda aplicação do kit do MannaIno. Essa aplicação ocorreu com um convite do Ramo IEEE da Universidade Estadual de Maringá e foi proposta essa aplicação na semana de Engenharia Elétrica. Para essa aplicação eram esperados 10 alunos, porém, apenas quatro compareceram.

O desenvolvimento das atividades ocorreu da mesma forma que a primeira aplicação e percebeu-se que alguns participantes não se comprometeram com a atividade, comparecendo apenas um ou dois dias. Esses participantes foram descartados das análises. Apenas dois dos participantes participaram integralmente do curso, do início ao fim. Desses dois alunos os resultados foram coletados, porém, também não foram entregues até o término dessa atividade.

Por fim, juntamente com essa aplicação recente, também foi realizado um diário de bordo por meio do instrutor (em forma de relato) sobre as atividades ocorridas durante o desenvolvimento da atividade.

Conclusões e Trabalhos Futuros

O desenvolvimento deste trabalho trouxe muita aprendizagem e perspectivas para o futuro do projeto. Dessa forma, este capítulo apresenta as lições aprendidas, as conclusões e os trabalhos futuros.

7.1 Conclusão

Eles assistem as aulas com objetivo de contribuir para mudar o espaço, o tempo e ampliar os modos de aprendizagem. Em relação ao espaço, a abordagem pretende ser uma fonte de aprendizagem portátil e sem fronteiras que pode estar em qualquer lugar. Ela muda o espaço que antes era definido pelos limites físicos das escolas e universidades. Em relação ao tempo, a arquitetura permite que os estudantes aprendam no seu tempo, no seu ritmo. Ela muda o tempo que antes era o mesmo para todos os estudantes que estavam dentro da sala de aula assistindo ao conteúdo no ritmo que o professor imprimia. Ela amplia os modos de aprendizagem porque agora propõe o modo tátil, isto é, o estudante é inserido na cultura maker, na cultura do faça você mesmo.

7.2 Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho percebeu-se que o mesmo é riquíssimo em teorias e publicações que podem ser transformadas em um trabalho expandido baseando-se nos conceitos propostos. A Tabela - 7.1 lista alguns trabalhos que pretende-se publicar nos próximos meses.

Tabela 7.1: Possíveis publicações relacionadas à este trabalho.

Publicação	Tema
<i>1</i>	MannaVolt: Kit de ensino de eletrônica
<i>2</i>	MannaIno: Kit Delivery de ensino de IoT
<i>3</i>	MannaKDT: A Educação 5.0 na Prática
<i>4</i>	Um estudo de caso tecnológico com Meninas
<i>5</i>	Resultados obtidos no desenvolvimento desse trabalho

Fonte: Autoria própria.

Por fim, para que o trabalho possua uma eficácia sobre esse método de ensino e aprendizagem será necessário que em trabalhos futuros o método seja aplicado mais vezes e de maneira sistemática. Para isso, já existe um planejamento de trabalho para o ano de 2023 em que esse trabalho continuará sendo aplicado juntamente com o grupo Manna e para isso, serão desenvolvidas atividades durante todo um ano escolar. A escola participante até o momento de escrita dessa dissertação é o Instituto de Educação de Maringá. Nesse planejamento, deseja-se desenvolver mais de uma atividade na escola, além do MannaVolt e do MannaIno. Nesse caso, em cada mês do ano, uma atividade será desenvolvida. As aplicações do MannaVolt e do MannaIno serão aplicadas em 2 meses distintos. Outras instituições de ensino públicas de todo o Brasil também devem receber os kits para avaliar essa eficiência como um modelo de ensino distribuído.

REFERÊNCIAS

- AKSOY, H.; ET AL. How do innovation culture, marketing innovation and product innovation affect the market performance of small and medium-sized enterprises (smes). *Technology in Society*, v. 51, n. 4, p. 133–141, 2017.
- ALVES, L. M. *Gamificação na educação*. Clube de Autores, 2018.
- ANDERSON, C. *Makers: The new industrial revolution*. Random House, 2012.
- BAUER, A.; BUTLER, E.; POPOVIĆ, Z. Approaches for teaching computational thinking strategies in an educational game: A position paper. In: *2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond)*, 2015, p. 121–123.
- BENNETT, N.; LEMOINE, G. J. What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a vuca world. *Business Horizons*, v. 57, n. 3, p. 311–317, 2014a.
- BENNETT, N.; LEMOINE, J. What vuca really means for you. *Harvard business review*, v. 92, n. 1/2, 2014b.
- BENTLEY, J. L. Multidimensional divide-and-conquer. *Communications of the ACM*, v. 23, n. 4, p. 214–229, 1980.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências sociais e humanas*, v. 32, n. 1, p. 25–40, 2011.
- BIGGS, J. B.; COLLIS, K. F. *Evaluating the quality of learning: The solo taxonomy (structure of the observed learning outcome)*. Academic Press, 2014.
- BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J.; DE MOURA, É. M. Educação maker: onde está o currículo? *Revista e-Curriculum*, v. 18, n. 2, p. 523–544, 2020.
- BLOOM, B. S.; ET AL. Taxonomy of educational objectives. vol. 1: Cognitive domain. *New York: McKay*, v. 20, n. 24, p. 1, 1956.

BOLAÑOS, F.; SALINAS, Á. Secondary vocational education students' expressed experiences of and approaches to information interaction activities within digital environments: a phenomenographic study. *Education and Information Technologies*, v. 26, n. 2, p. 1955–1975, 2021.

BROCKVELD, M. V. V.; TEIXEIRA, C. S.; SILVA, M. R. D. A cultura maker em prol da inovação: boas práticas voltadas a sistemas educacionais. In: *Anais da Conferência ANPROTEC*, 2017.

CALDWELL, G. A.; FOTH, M. Diy media architecture: open and participatory approaches to community engagement. In: *Proceedings of the 2nd Media Architecture Biennale Conference: World Cities*, 2014, p. 1–10.

COSTA, R. J.; PORTELA, P.; ALVES, G. R. An educational kit to teach and learn operational amplifiers. In: *2017 4th Experiment@ International Conference (exp. at'17)*, IEEE, 2017, p. 137–138.

CUNHA, B. G. P.; MENDES, S. T.; DUTRA, P. M.; RODRIGUES, T. V.; NUNES, L. M.; MACHADO, F. M. F.; DA SILVA MARTINS, C. A. P. Didactronic: A low-cost and portable didactic lab for electronics: Kit for digital and analog electronic circuits. In: *2016 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, IEEE, 2016, p. 296–303.

DCEB Diretrizes para ensino de computação na educação básica. Data de Acesso: 27 Sep, 2021, 2021.

Disponível em <https://www.sbc.org.br/educacao/diretrizes-para-ensino-de-computacao-na>

DECKER, A.; SCHNEIDER, J. L.; MARGULIEUX, L. E. How engineering and computing students demonstrate critical thinking during required co-op work experiences. In: *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, IEEE, 2018, p. 1–9.

DELORS, J.; CHUNG, F.; GEREMEK, B.; GORHAM, W.; KORNHAUSER, A.; MANLEY, M.; QUERO, M. P.; SAVANÉ, M.-A.; SINGH, K.; STAVENHAGEN, R.; ET AL. Relatório para a unesco da comissão internacional sobre educação para o século xxi. *Educação um tesouro a descobrir*, v. 6, 1996.

DENNING, P. J. Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 60, n. 6, p. 33–39, 2017.

ENGELBRECHT, J.; BORBA, M. C.; LLINARES, S.; KAISER, G. Will 2020 be remembered as the year in which education was changed? 2020.

- ENNIS, R. H. A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational leadership*, v. 43, n. 2, p. 44–48, 1985.
- ENNIS, R. H. Critical thinking assessment. *Theory into practice*, v. 32, n. 3, p. 179–186, 1993.
- FERRAZ, A. P. D. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, v. 17, p. 421–431, 2010.
- FLEMING, N.; MILLS, C. Vark: A guide to learning styles. 2001.
- FLÔR, D. E.; DA CRUZ, E. H. M.; POSSEBOM, A. T.; JUNIOR, C. R. B.; HÜBNER, R.; AYLON, L. B. R. Mannateam: a case of interinstitutional collaborative learning and education 5.0. In: *2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, IEEE, 2020, p. 964–970.
- FONSECA, S. M.; MATTAR, J. Metodologias ativas aplicas à educação a distância: revisão da literatura. *Revista EDaPECI*, v. 17, n. 2, p. 185–197, 2017.
- GARCIA-ZUBIA, J.; CUADROS, J.; ROMERO, S.; HERNANDEZ-JAYO, U.; ORDUNA, P.; GUENAGA, M.; GONZALEZ-SABATE, L.; GUSTAVSSON, I. Empirical analysis of the use of the visir remote lab in teaching analog electronics. *IEEE Transactions on Education*, v. 60, n. 2, p. 149–156, 2016.
- GERSHENFELD, N. A. *Fab: the coming revolution on your desktop—from personal computers to personal fabrication*. Basic Books (AZ), 2005.
- GIL, A. C. *Metodologia do ensino superior*. Editora Atlas SA, 2000.
- HATTIE, J.; BROWN, G. T. *Cognitive processes in asttle: The solo taxonomy*. Ministry of Education, 2004.
- IFENTHALER, D.; GIBSON, D. C.; ZHENG, L. The dynamics of learning engagement in challenge-based online learning. In: *2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, IEEE, 2018, p. 178–182.
- KAPP, K. M. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons, 2012.
- LI, L. Project-based learning in electronic technology: a case study. *European Journal of Engineering Education*, v. 40, n. 5, p. 499–505, 2015.

- LI, Y. Teaching programming based on computational thinking. In: *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, IEEE, 2016, p. 1–7.
- LINDTNER, S.; LI, D. Created in china: the makings of china’s hackerspace community. *Interactions*, v. 19, n. 6, p. 18–22, 2012.
- LISTER, R.; SIMON, B.; THOMPSON, E.; WHALLEY, J. L.; PRASAD, C. Not seeing the forest for the trees: novice programmers and the solo taxonomy. *ACM SIGCSE Bulletin*, v. 38, n. 3, p. 118–122, 2006.
- LU, J. J.; FLETCHER, G. H. Thinking about computational thinking. In: *Proceedings of the 40th ACM technical symposium on Computer science education*, 2009, p. 260–264.
- MAMEDE, W.; ABBAD, G. S. Objetivos educacionais de um mestrado profissional em saúde coletiva: avaliação conforme a taxonomia de bloom. *Educação e Pesquisa*, v. 44, 2017.
- MCPECK, J. E. *Critical thinking and education*. Routledge, 2016.
- MENDOZA, J. P.; CARRIZO, J. M. V.; SÁNCHEZ, F. J. R. Project based learning experiences for embedded systems design. In: *2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEET)*, IEEE, 2016, p. 1–6.
- MOL, S. M.; MATOS, D. A. S. Uma análise sobre a taxonomia solo: aplicações na avaliação educacional. *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 30, n. 75, p. 722–747, 2019.
- MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens*, v. 2, n. 1, p. 15–33, 2015.
- MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso*, p. 02–25, 2018.
- OLIVEIRA, T. E. D.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física. *Física na escola. São Paulo. Vol. 14, n. 2 (out. 2016)*, p. 4–13, 2016.
- ORTIZ, J.; PEREIRA, R. Um mapeamento sistemático sobre as iniciativas para promover o pensamento computacional. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, 2018, p. 1093.

- PAPERT, S. Children, computers and powerful ideas. 1990.
- PAPERT, S.; HAREL, I. *Constructionism: research reports and essays, 1985-1990*. Ablex publishing corporation, 1991a.
- PAPERT, S.; HAREL, I. Situating constructionism. *Constructionism*, v. 36, n. 2, p. 1–11, 1991b.
- PEREIRA, R. M.; DA SILVA, F. F.; SILLA, C. N. Teaching algorithms for visually impaired and blind students using physical flowcharts and screen readers. In: *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, IEEE, 2018, p. 1–9.
- POSCH, I.; FITZPATRICK, G. First steps in the fablab: experiences engaging children. In: *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*, 2012, p. 497–500.
- RAABE, A.; GOMES, E. B. Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 26, n. 26, p. 6–20, 2018.
- ROCHA, H. M.; LEMOS, W. D. M. Metodologias ativas: do que estamos falando? base conceitual e relato de pesquisa em andamento. *IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação. Resende, Brazil: Associação Educacional Dom Boston*, v. 12, 2014.
- SCHAFERSMAN, S. D. An introduction to critical thinking. 1991.
- SELBY, C. C. Relationships: computational thinking, pedagogy of programming, and bloom’s taxonomy. In: *Proceedings of the workshop in primary and secondary computing education*, 2015, p. 80–87.
- DE SENA, M. C.; DA SILVA, G.; DA SILVA, A. F.; DE OLIVEIRA BASTOS, P. R. H. Os efeitos da pandemia na educação de crianças e adolescentes no brasil. *Lex Cult Revista do CCJF*, v. 5, n. 1, p. 107–119, 2021.
- SHAHZAD, F.; XIU, G.; SHAHBAZ, M. Organizational culture and innovation performance in pakistan’s software industry. *Technology in Society*, v. 51, p. 66–73, 2017.
- SHIROISHI, Y.; UCHIYAMA, K.; SUZUKI, N. Society 5.0: For human security and well-being. *Computer*, v. 51, n. 7, p. 91–95, 2018.
- DA SILVA SANTOS, T. Metodologias ativas de ensinoaprendizagem. *CAPES*, 2019.

DE SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (abp): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. *Holos*, v. 5, p. 182–200, 2015.

TANENBAUM, T. J.; WILLIAMS, A. M.; DESJARDINS, A.; TANENBAUM, K. Democratizing technology: pleasure, utility and expressiveness in diy and maker practice. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2013, p. 2603–2612.

TFCT The foundation for critical thinking. Data de Acesso: 27 Sep, 2021, 2021. Disponível em <https://www.criticalthinking.org/pages/defining-critical-thinking/766>

UFSM Ufsm. Data de Acesso: 20 Out, 2021, 2021. Disponível em <https://www.ufsm.br/midias/experimental/integra/2021/01/22/impactos-da-pandemia-na-educacao-brasileira-de-jovens-e-adultos/>

URVAL, R. P.; KAMATH, A.; ULLAL, S.; SHENOY, A. K.; SHENOY, N.; UDUPA, L. A. Assessment of learning styles of undergraduate medical students using the fark questionnaire and the influence of sex and academic performance. *Advances in physiology education*, v. 38, n. 3, p. 216–220, 2014.

VAN BROEKHUIZEN, H.; ET AL. Graduate unemployment and higher education institutions in south africa. *Bureau for Economic Research and Stellenbosch Economic Working Paper*, v. 8, p. 16, 2016.

WANG, G.; ZHANG, Y.; ZHAO, J.; ZHANG, J.; JIANG, F. Mitigate the effects of home confinement on children during the covid-19 outbreak. *The Lancet*, v. 395, n. 10228, p. 945–947, 2020.

WEF The future of jobs report 2020. World Economic Forum Geneva, 2020.

WING, J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33–35, 2006.

YEPES, I. Uso de drones como tecnologia pedagogica em disciplinas steam: um enfoque voltado ao aprendizado significativo com metodologias ativas. 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, pai e irmão pelo apoio e suporte durante esta caminhada. O sacrifício e os conselhos foram de extrema importância para que a trajetória se tornasse completa. Se estou onde estou, tudo é graças ao incentivo e esforço de vocês.

Agradeço à minha orientadora e amiga, Professora Doutora Linnyer Beatrys Ruiz Aylon, por acreditar no meu trabalho e me ceder a oportunidade de cursar esse mestrado. Sua orientação não é apenas acadêmica, vai muito além disso. É humana. Deixo aqui todo meu respeito e admiração por você, minha amiga.

Agradeço aos amigos que me apoiaram durante essa trajetória, Alan, Allan, Alisson, Jonatas, Jonathan, Luis e Rodolfo por todos os conselhos e aprendizagens ofertadas.

Agradeço aos meus colegas de mestrado que caminharam junto à mim nesse período, em especial aos meus amigos Juliano e Simone, que foram os presentes que o mestrado me trouxe.

Agradeço em especial a Lorena, por sua paciência e compreensão, incentivo e companheirismo e por ser uma parceira e ótima ouvinte nos momentos difíceis.

Agradeço aos demais professores do Departamento de Informática e do Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação da UEM, pelos ensinamentos que ficarão guardados.

Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento deste trabalho de mestrado.

MannaKDT: Uma abordagem prática para aprendizagem multimodal e multidimensional da Educação 5.0

RESUMO

A pandemia de COVID-19 afetou diversas áreas da sociedade ao longo dos anos de 2020 e 2021. Uma dessas áreas foi a educação, mais precisamente, as metodologias de ensino no âmbito presencial. A difusão de conhecimento em áreas como STEAM (acrônimo de Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) foi comprometida. Visto que essa modalidade de ensino foi, em grande parte, suspensa, uma série de questões de pesquisa emergiram. Tais questões são elencadas a seguir: (i) como auxiliar um aluno em processo de aprendizagem remoto?; (ii) como transmitir conhecimento sem estar dentro de uma sala de aula?; (iii) como viabilizar o acesso a educação remota?; (iv) como integrar o aluno ao cenário pós-pandemia, unindo as modalidades de ensino remota e presencial? Diante disso, buscando soluções para tais questões, este trabalho propõe uma metodologia para viabilizar o ensino e a difusão do conhecimento em espaços de aprendizagem informal (e.g., em domicílio) ou semiformal (e.g., contraturno escolar, empresas, maker spaces), promovendo uma nova forma de ampliar e melhorar as relações com o conhecimento e com atenção as diferenças entre os alunos. Para alcançar esse objetivo esta pesquisa desenvolveu uma abordagem prática na educação 5.0 que contém a criação do ambiente de ensino, a aplicação de kits de eletrônica, robótica e IoT e a aplicação de pré e pós-testes avaliativos. A preparação para o ambiente contém uma abordagem multimodal visual, auditiva e cinestésica e que também envolve a abordagem presencial, online e híbrida. Em seguida foram utilizados dois kits educacionais desenvolvidos pelo grupo Manna que busca difundir conhecimento sobre eletrônica, robótica e IoT. Esses kits são chamados de MannaVolt (eletrônica) e MannaIno (robótica e IoT). Os alunos foram expostos a aulas remotas, vídeo-aulas e praticaram presencialmente a montagem de circuitos. Para avaliar a evolução da aprendizagem e o conhecimento obtido do aluno, foram desenvolvidos pré e pós-testes que verificam o desenvolvimento do pensamento crítico e cognitivo do aluno. Com os resultados obtidos, constatou-se que a aplicação dos cursos, juntamente com a criação do ambiente multimodal, auxiliou no despertar do interesse do aluno em áreas tecnológicas em meio a pandemia, além da compreensão, raciocínio lógico e pensamento crítico e computacional do aluno.

Palavras-chave: Educação 5.0. Eletrônica. Kits Educacionais. IoT. Metodologias Ativas. Pensamento Computacional. Robótica. Softskills.

MannaKDT: A practical approach to multimodal and multidimensional learning in Education 5.0

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic affected several areas of society over the years 2020 and 2021. One of these areas was education, precisely, teaching methodologies in the face-to-face environment. The diffusion of knowledge in areas such as STEAM (acronym for Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) was compromised. As this teaching modality was largely suspended, a number of research questions emerged. Such issues are listed below: (i) how to help a student in the remote learning process?; (ii) how to transmit knowledge without being inside a classroom?; (iii) how to enable access to remote education?; (iv) how to integrate the student into the post-pandemic scenario, combining the modalities of remote and face-to-face teaching? Therefore, seeking solutions to such questions, this work proposes a methodology to enable the teaching and dissemination of knowledge in informal learning spaces (e.g., at home) or semi-formal (e.g., after school hours, companies, maker spaces), promoting a new way of expanding and improving relationships with knowledge and paying attention to differences between students. To achieve this objective, this research developed a practical approach in education 5.0 that contains the creation of the teaching environment, the application of electronics, robotics and IoT kits and the application of pre- and post-evaluative tests. Preparing for the environment contains a multimodal visual, auditory and kinesthetic approach that also involves face-to-face, online and hybrid approaches. Then, two educational kits developed by the Manna group were used, which seeks to spread knowledge about electronics, robotics and IoT. These kits are called MannaVolt (electronics) and MannaIno (robotics and IoT). The students were exposed to remote classes, video classes and face-to-face practice in building circuits. To assess the evolution of learning and the knowledge obtained from the student, pre- and post-tests were developed to verify the development of the student's critical and cognitive thinking. With the results obtained, it was found that the application of the courses, together with the creation of the multimodal environment, helped to awaken the student's interest in technological areas in the midst of the pandemic, in addition to the understanding, logical reasoning and critical and computational thinking of the student.

Keywords: Education 5.0. Electronics. Educational Kits. IoT. Active Learning. Computational Thinking. Robotics. Softskills.

LISTA DE FIGURAS

Figura - 2.1	Modelo proposto pela SBC que exemplifica os ramos da computação.	27
Figura - 2.2	Exemplos de respostas classificadas nos níveis SOLO.	43
Figura - 3.1	Gráfico de avaliação dos exercícios.	49
Figura - 3.2	Gráfico de dificuldade dos problemas.	50
Figura - 3.3	Gráfico de avaliação de interesse do aluno.	51
Figura - 4.1	Marmita <i>delivery</i> MannaIno entregue aos participantes.	56
Figura - 4.2	Árvore de Avaliação.	64
Figura - 5.1	Exemplo de estrutura a ser aplicada em qualquer caso de estudo.	69
Figura - 6.1	Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A1-CM.	75
Figura - 6.2	Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A2-CM.	76
Figura - 6.3	Análise de Respostas Pré-Teste das alunas da cidade de Cianorte.	77
Figura - 6.4	Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A1-MGA.	78
Figura - 6.5	Análise de Respostas Pós-Teste da aluna A1-CM.	79
Figura - 6.6	Análise de Respostas Pós-Teste da aluna A3-CIA.	81
Figura - 6.7	Análise de acertos pré-teste e pós-teste.	82
Figura - 6.8	Análise de Respostas Pré-teste dos alunos A3-CM e A4-CM. . . .	83
Figura - 6.9	Análise de Respostas Pré-teste dos alunos A4-CIA e A6-CIA. . .	84
Figura - 6.10	Análise de Respostas Pré-teste do aluno A5-CIA.	84
Figura - 6.11	Análise de Respostas Pré e pós-teste da segunda aplicação. . . .	86
Figura - 6.12	Análise de Respostas Pré e pós-teste de todos os alunos do MannaVolt.	87
Figura - 6.13	Desafio I - LED piscando.	90
Figura - 6.14	Desafio II - Sensor de temperatura e umidade.	91
Figura - 6.15	Desafio III - Sensor sonoro.	92
Figura - 6.16	Desafio IV - <i>Buzzer</i>	93
Figura - 6.17	Desafio V - Sensor LDR.	94
Figura - 6.18	Pontuação da questão 1 - Taxonomia SOLO.	97
Figura - 6.19	Pontuação da questão 2 - Taxonomia SOLO.	98
Figura - 6.20	Pontuação da questão 3 - Taxonomia SOLO.	99
Figura - 6.21	Pontuação da questão 4 - Taxonomia SOLO.	100
Figura - 6.22	Total da pontuação de cada aluno no questionário SOLO.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela - 4.1	Componentes MannaVolt.	55
Tabela - 4.2	Componentes MannaIno.	56
Tabela - 4.3	Questões do segundo teste envolvendo Taxonomia de Bloom.	62
Tabela - 4.4	Tabela de respostas da taxonomia SOLO.	64
Tabela - 4.5	Questões da Taxonomia SOLO.	65
Tabela - 7.1	Possíveis publicações relacionadas à este trabalho.	105

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

CNE: Conselho Nacional de Educação

CSTA: Computer Science Teachers Association

DCEB: Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica

DIY: Do It Yourself

IoT: Internet Of Things

ISTE: International Society for Technology in Education

LGPD: Lei Geral de Proteção de Dados

ONU: Organizações das Nações Unidas

MEC: Ministério da Educação

NSF: National Science Foundation

SBC: Sociedade Brasileira de Computação

SOLO: Structured Observed Learning Outcomes

STEAM: Science, Technology, Engineering, Arts and Math

TFCT: The Foundation of Critical Thinking

VARC: Visual, Aural, Read/write, Kinesthetic

WEF: World Economic Forum

SUMÁRIO

1	Introdução	11
2	Tecnologia como Ferramenta de Ensino	17
2.1	A educação em tempos de pandemia	17
2.2	Um esboço sobre o trabalho do Ecosistema Manna	20
2.3	Uma breve introdução à Educação 5.0	22
2.4	A Base Nacional Comum Curricular	24
2.5	O futuro do trabalho	25
2.6	Pensamento Computacional	26
2.7	Pensamento Crítico	27
2.8	Metodologias Ativas	29
2.8.1	Cultura Maker	30
2.8.2	Dividir para Conquistar	33
2.8.3	Aprendizagem Baseada em Problemas	34
2.8.4	Sala de Aula Invertida	35
2.8.5	Estudo de Caso	35
2.8.6	Gamificação	36
2.8.7	Aprendizagem Baseada em Times	36
2.8.8	Peer Instruction	37
2.9	Kits de tecnologia	38
2.10	Monitoramento do processo de aprendizagem: Como medir?	39
2.10.1	VARK	40
2.10.2	Taxonomia de Bloom	41
2.10.3	Taxonomia SOLO	42
2.10.4	Taxonomia de Ennis	44
3	Pensamento computacional aplicado	45
3.1	Validação e Resultados	47
3.2	Impacto na vida do aluno	51
4	MannaKDT: Uma abordagem prática da Educação 5.0	53
4.1	Iniciativas e trabalhos do grupo Manna	53
4.1.1	MannaVolt	54
4.1.2	MannaIno	55
4.1.3	Manna_Acessibilidade	57

4.1.4	Manna Meninas	57
4.1.5	Manna Maker	58
4.2	Preparação do ambiente	59
4.2.1	Abordagem Multimodal: visual, auditivo e cinestésico	59
4.2.2	Abordagem Multimodal: presencial, online e híbrido	61
4.3	Pré e Pós-Teste	62
5	Metodologia Experimental	66
5.1	Seleção de Metodologias Ativas	66
5.2	Aplicação	68
6	Resultados	74
6.1	Resultados da Primeira Aplicação	74
6.2	Resultados da Segunda Aplicação	102
7	Conclusões e Trabalhos Futuros	104
7.1	Conclusão	104
7.2	Trabalhos Futuros	104
	REFERÊNCIAS	106

Introdução

O mundo antes da pandemia de Corona Virus Disease-19 (COVID-19) era, na maioria dos contextos, de comando, conformidade e uniformidade. As relações de trabalho em empresas obedeciam, em sua maioria, a uma hierarquia com um chefe e seus subordinados. Muitas pessoas ainda assistiam ao mesmo canal da televisão aberta, ouviam as mesmas músicas na mesma emissora de rádio e liam ao mesmo jornal impresso. As pessoas estavam em frente ao aparelho de TV naquele horário ou perto do rádio naquele horário para sincronamente receberem as informações no mesmo tempo e espaços similares. A informação tinha um fluxo de um para muitos sem interações laterais, isto é, sem que os ouvintes interagissem. Ainda eram poucos aqueles que tinham conhecimento digital e equipamento (tablets, computadores, smartphones) para saber do mundo com liberdade em relação ao tempo e ao espaço, bem como poder interagir com outras pessoas no modo online. A direção do fluxo de conhecimento era de um para muitos e sem interações entre os pares para o despertar de novos conhecimentos.

Na maioria das escolas e universidades do mundo, as relações em sala de aula aconteciam a partir desse mesmo modelo: um professor posicionado na parte da frente de uma sala falando sobre o mesmo conteúdo para muitos alunos que estavam na mesma página do livro texto assistindo passivamente em suas carteiras enfileiradas, ouvindo e escrevendo todos ao mesmo tempo e no mesmo espaço. A uniformidade era uma premissa. Um modelo de sala de aula de comando, conformidade e uniformidade. Mesmo que em sala houvesse um superdotado ou um indígena ou um imigrante ou um vulnerável social ou até mesmo deficientes, a uniformidade do ensinar era predominante, inclusive nas avaliações que exigiam que alunos perseguissem o gabaritar.

Embora já existissem as técnicas associadas com a cultura da inovação (Aksoy et al., 2017; Shahzad et al., 2017) e as metodologias ativas baseada em problema e desafios (Morán, 2015), a educação ainda era realizada no modelo um para muitos (um professor para muitos alunos, um autor de livro didático para muitos alunos, uma sala de aula física para muitos alunos mantendo todos focados em um mesmo conteúdo ao mesmo tempo e no mesmo lugar). Ademais, em cursos universitários das áreas do saber das ciências biológicas, ciências das saúde, ciências humanas, ciências sociais aplicadas e ciências agrárias pairava algumas questões referentes ao perfil dos formandos: os egressos (novos profissionais) estavam preparados para o mundo digital? Eles estavam incluídos digitalmente? Esses novos profissionais tinham consigo uma cultura digital para apoiá-los em suas profissões? E nos cursos universitários das áreas de ciências exatas e da Terra e das Engenharias, além das questões mencionadas, ainda haviam outras, tais como: o perfil profissional dos formandos exhibe inteligência social? Além de suas *hards kills* (conhecimento na sua área e domínio de idiomas) os egressos tiveram a oportunidade de desenvolver *soft skills* (habilidade social) em seus cursos? Na Educação Básica, as questões relacionadas com a tecnologia e com a inteligência social também são importantes, em particular em um mundo pós-COVID-19 e caracterizada por altos níveis de Volatilidade, Incerteza, Complexidade e Ambiguidade (VUCA) (Bennett e Lemoine, 2014b).

Desde a educação básica é importante considerar a formação de cidadãos ágeis e capazes de tomar decisões em situações desafiadoras e que possam contribuir para um mundo melhor, inclusive considerando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela ONU¹.

O Ecossistema Manna de pesquisa, extensão inovadora e difusão formado por pesquisadores da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Federal do Paraná (UFPR) – campus Jandaia do Sul e Palotina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – campus Campo Mourão e Santa Helena, Instituto Federal do Paraná (IFPR) – campus Paranavaí, Universidade Federal de Viçosa – campus Florestal-MG, Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – campus Presidente Epitácio, Centro Universitário Instituto de Educação Superior de Brasília (IESB), Unicamp, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), Sociedade Brasileira de Microeletrônica (SBMicro) e Instituto Nacional de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (INCT NAMITEC), Ramo Estudantil IEEE UEM, IEEE Women in Engineering UEM tem realizado pesquisas com objetivo de projetar transformações sociais que implicassem em aprendizagem para a vida profissional, para a vida pessoal e para a cidadania, o que o grupo conceitua como Educação 5.0.

¹<https://odsbrasil.gov.br/>

”A Educação 5.0 preconiza a formação de um profissional que, além de conhecimento singular sobre sua área profissional, também tem o domínio da tecnologia, está incluído digitalmente, tem compromisso com a ética e com a sustentabilidade e que dá significado ao que aprende, isto é, este profissional tem o compromisso em divulgar e aplicar o que aprende em sua comunidade. Este profissional tem inteligência social. A Educação 5.0 tem viés de empreendedorismo e inovação. Em particular, ela prepara o cidadão para aprender tecnologia e fazer bom uso do conhecimento. O cidadão 5.0 deve apresentar hard skills e soft skills e estar apto a desenvolver inovações que causem impacto positivo na sociedade²”.

O Manna tem sido beneficiado pelo intercâmbio entre professores e pesquisadores de cursos diferentes, áreas diferentes, instituições diferentes e de cidades diferentes contribuindo para o fortalecimento do trabalho em equipe em uma dimensão inovadora. O time de pesquisadores formado por estudantes e professores com experiência de mais de 20 anos em ensino, pesquisa, extensão e inovação, já estavam combinando saberes tais como pensamento crítico, pensamento criativo, cultura maker, design thinking, inovação e uma mentalidade empreendedora para que o conhecimento tecnológico e inteligência social pudessem nos levar à sociedade 5.0 – uma sociedade que além dos aspectos tecnológicos e da inclusão digital busca qualidade de vida, equidade, sustentabilidade e inteligência social. Os cidadãos da sociedade 5.0 devem ser preparados para ela.

“Quando se trata de educação tecnológica, é importante construir ecossistemas de formação de empreendedores que favoreçam a transformação do ambiente universitário e escolar, estimulem a criatividade e promovam o surgimento de cidadãos 5.0 (profissionais que além de conhecimento singular sobre sua área de conhecimento, são capazes de unir tecnologia com Inteligência Social, apresentam independência intelectual, perfil empreendedor e capacidade de alavancar novos projetos. Esses cidadãos são capazes de propor soluções que contribuam para auxiliar a sociedade em seus novos desafios, promovendo inovação, novos negócios (disruptivos) e engajamento na quádrupla hélice: universidade-indústria-governo-sociedade)³”.

Com o surgimento da pandemia de COVID-19 em dezembro de 2019, países foram praticamente obrigados a implementar protocolos de distanciamento e restrição de aglomerações. Com a população em casa, o trabalho remoto tornou-se um modelo vital

²www.manna.team

³<https://odsbrasil.gov.br/>

para a continuidade de muitos negócios e a educação passou a adotar o Ensino Remoto Emergencial (ERE) com aulas sendo ministrada e assistidas em casa. Não havia outra opção a não ser tornar possível o aprendizado. Isso não significa que todas as lares, escolas e universidades dispunham de conhecimento e tecnologia para a adoção desse modelo, mas que todos os pais, professores e estudantes iriam ser lançados em um grande desafio: a aprendizagem fora da escola/universidade.

No Ecosistema Manna de pesquisa, extensão inovadora e difusão, não foi diferente. Em março de 2020, o laboratório foi fechado, assim como as escolas onde eram realizadas as atividades do projeto Manna_Academy que reúne acadêmicos, professores e profissionais em torno de um interesse comum em Educação 5.0. Os fornecedores de dispositivos eletrônicos também fecharam suas portas e houve um desabastecimento de insumos para o Manna_Science, projeto que envolve teses de doutorado, dissertações de mestrado e trabalho de iniciação científica e tecnológica. O time de pesquisadores do Manna foi desafiado a inovar em suas práticas de Educação 5.0.

Esta dissertação de mestrado também sofreu os impactos da pandemia. Ela teve início com o desenvolvimento de práticas de ensino do pensamento computacional para jovens com transtorno do espectro do autista (TEA) - um transtorno relacionado ao desenvolvimento neurológico. Um artigo foi publicado e está disponível na seção 3 desta dissertação que foi reestruturada com a definição da abordagem de ensino com Kits Delivery de Tecnologia, chamado de MannaKDT.

A MannaKDT concebida para práticas sociais baseadas em tecnologia se tornou uma oportunidade para explorar a aprendizagem em educação domiciliar – também chamada de *homeschooling*. A abordagem MannaKDT considera a aprendizagem multimodal projetando significados que cruzam os modos: escrito, oral, audível e tátil. Isso é diferente das aulas online onde o ensino-aprendizado usa apenas a percepção visual e audível. No caso da MannaKDT, também é usado o modo tátil que tem sua base na cultura maker onde estão as práticas que levam o estudante a entender que ele não é o que sabe, mas o que pode potencialmente saber, experimentando e fazendo. A cultura maker é apoiada no tátil, no faça você mesmo, e estas atividades despertam o envolvimento e o engajamento, uma vez que o participante não só adquire conhecimento como também é capaz de produzir e compartilhar.

A MannaKDT foi projetada para ser usada em qualquer lugar, a qualquer hora, como um laboratório maker móvel que permite que o aprendizado se expanda e se difunda para todas as partes e que o fluxo de conhecimento possa ser de muitos-para-muitos rompendo com os modelos de sala de aula. Ela é multimodal porque torna o tempo, o espaço e a forma relativos e flexíveis, isto é, o estudante faz uso do MannaKDT em qualquer tempo

e em qualquer lugar e pode ter encontros físicos nos laboratórios do Manna ou Escola, como também pode realizar as atividades online.

A abordagem proposta como dissertação de mestrado está sendo projetada como uma contribuição para mudanças sociais que devem acontecer com a popularização de uma tecnologia transformadora que contribui para a formação do cidadão e do trabalho do futuro. Ademais, um dos princípios do MannaKDT é levar ao engajamento na aprendizagem. Este é um conceito que inclui a aprendizagem cognitiva, emocional e motivacional que promove a aprendizagem contínua rumo ao futuro.

O objetivo geral desta dissertação, desenvolvida em tempos de pandemia, propõe viabilizar o ensino e a difusão do conhecimento em espaços de aprendizagem informal (em domicílio) ou semiformal (contraturno escolar, empresas, fablabs, maker spaces, etc) promovendo uma nova maneira de ampliar e melhorar as relações (individuais ou sociais) com o conhecimento e com atenção às diferenças existentes entre os estudantes. Os objetivos específicos envolvem:

Tecnologicamente:

- Encontrar dentro do Ecossistema Manna de pesquisa, extensão inovadora e difusão, ferramentas e trabalhos existentes que podem ser incluídos dentro da aprendizagem multimodal e multidimensional desse trabalho;
- Criar um ambiente propício ao desenvolvimento das atividades deste trabalho, e que acompanhe a aplicação e utilização das ferramentas escolhidas de forma adequada;
- Analisar estratégias de envio e segurança que não coloquem em risco a integridade humana do participante.

Pedagogicamente:

- Apreciar o cenário da educação estabelecido pela pandemia;
- Estudar os principais conceitos envolvidos com a Educação 5.0 selecionando temas para compor o desenvolvimento e avaliação da abordagem;
- Entender os desafios relacionados com a aprendizagem do pensamento computacional por pessoas com transtorno do espectro autista;
- Compor uma abordagem que promova o engajamento na aprendizagem e que seja capaz de contrastar o espaço, o tempo e o modo com que se aprende;
- Inferir sobre sua contribuição no mundo pós-pandemia.

É importante mencionar que esta dissertação, mesmo alterando seus objetivos por ocasião da pandemia, foi novamente impactada pelas medidas de enfrentamento, tendo que realizar seus experimentos de forma restrita uma vez que a crise mundial no fornecimento de dispositivos de hardware e a desvalorização do real frente ao dólar, impediram a aquisição de material destinado à composição dos dispositivos da MannaKDT, incluindo as impressoras 3D que tiveram um aumento de preço de 80% e cujo processo de compra na Universidade Estadual de Maringá está completando 16 meses sem sucesso.

O restante do texto desta dissertação está assim organizado: O capítulo 2 apresenta uma visão geral do contexto de desenvolvimento do trabalho considerando o cenário da pandemia, um esboço sobre o trabalho do Ecossistema Manna e a revisão da literatura para os temas selecionados para compor a abordagem, incluindo aqueles relacionado com a avaliação; o capítulo 3 apresenta os resultados da primeira fase da dissertação que tinha como foco a avaliação das técnicas do Ensino do Pensamento Computacional e os resultados preliminares com um estudante diagnosticado com transtorno do espectro autista (TEA). O capítulo 4 trata da arquitetura MannaKDT considerando alguns conceitos de inovação e compondo a discussão sobre os modos de aprendizagem considerando atividades de fala, escrita, escuta e tátil. O capítulo 5 relata dois casos de usos da arquitetura considerando dois KDTs e o exemplo da sua aplicação. O capítulo 6 apresenta os resultados obtidos nas aplicações deste trabalho e por fim, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

Tecnologia como Ferramenta de Ensino

Este capítulo apresenta uma visão geral do contexto de desenvolvimento do trabalho considerando: o cenário da educação em tempos de pandemia de COVID-19; um esboço sobre o trabalho do Ecosistema Manna e a revisão de literatura sobre educação, metodologias ágeis e formas de avaliação de aprendizagem.

2.1 A educação em tempos de pandemia

A pandemia COVID-19 alterou significativamente a rotina de crianças e jovens, suas famílias e educadores e a sociedade como um todo (Wang et al., 2020). Com os estudantes e professores cumprindo o afastamento social, a educação passou a ser realizada em um modo de Ensino Remoto Emergencial (ERE) – um dos nomes dados para as aulas realizadas por meio de comunicação remota com aulas online por conexões com a internet usando diferentes plataformas ou aulas gravadas em vídeos preparadas pelos professores e assistidas pelos estudantes. De início, os pais tiveram que encontrar dentro de suas casas as condições mínimas para que seus filhos participassem do ERE. Era necessário um equipamento (tablet, computador, smartphone, entre outros), a conexão com a internet com velocidade que permitisse a participação nas aulas, o acompanhamento da rotina escolar e o espaço físico adequado. Nem todas as famílias dispunham desses recursos ou puderam adquiri-los. Considerando os estudantes em vulnerabilidade social, os estrangeiros, os indígenas, os que apresentavam alguma deficiência física ou mental ou algum quadro psicológico, o momento do ERE foi mais um agravante para várias crises de desigualdades. Do lado dos professores, isso não foi diferente. Eles tiveram que garantir

o ambiente para seus filhos, bem como para si próprios. Os professores também tiveram que ter computadores ou tablets e smartphones e conexões com a internet e equipamentos de iluminação, microfones e uma ferramenta que substituísse o quadro da sala de aula física. O modelo de comando, conformidade, uniformidade e desigualdade das salas de aula físicas de escolas e universidades públicas e privadas foi bruscamente interrompido.

No Brasil, o fechamento das escolas também representava uma ausência para uma variedade de serviços sociais, como por exemplo nutrição – muitas crianças tinham a sua melhor e, muitas vezes, única refeição nas escolas. Nas universidades, muitos estudantes e colaboradores dependiam dos restaurantes universitários e de outros serviços prestados por suas instituições. Ademais, o fechamento das universidades produzia ameaças à mobilidade acadêmica, às pesquisas e ao trabalho extensionista que em muitos projetos representava a prestação de serviços para a comunidade. Alguns serviços das universidades foram paralisados, no entanto, os serviços de saúde ganharam ainda mais notoriedade, isto porque, muitas universidades dispõem de hospitais universitários, farmácias, clínicas de psicologia e laboratórios de análise químicas que sempre foram essenciais e, em tempos de pandemia, foram desafiados a prestar um serviço ainda mais necessário e exaustivo.

Além dos desafios para o ensino, pesquisa e extensão, esse período também foi ameaçador para a saúde mental de estudantes, pais e professores e fez aumentar os casos de violência doméstica e ameaças de fome, entre outras mazelas sociais. Toda a sociedade foi impactada com os esforços para mitigar a propagação do vírus que causava colapso no atendimento dos hospitais.

As milhares de vidas ceifadas todos os dias pela COVID-19, causavam medo e angústia para todos. O mundo assistiu aos esforços de muitos profissionais, incluindo os da área de Educação. Das creches ao ensino superior, muito esforço foi empenhado para mitigar os efeitos. Contudo, os números a seguir mostram os impactos iniciais da COVID-19 na rotina dos estudantes. Segundo a UNESCO¹:

- A pandemia afetou cerca de 1,6 bilhões de estudantes da Educação Básica em mais de 190 países, interrompendo as aulas presenciais nas escolas. Em média, as escolas permaneceram fechadas por 2/3 do período acadêmico;
- 214 milhões de crianças, ou 1 em cada 7, perderam mais de $\frac{3}{4}$ do ano escolar presencial;
- 25% dos países em desenvolvimento afirmou que os estudantes não estavam tendo acompanhamento do aprendizado pelos professores;

¹<https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>

- Na América Latina e Caribe, o número de estudantes que não recebeu nenhuma forma de educação subiu de 4% para 18% nos últimos meses de 2020. Até três milhões de crianças podem ficar fora da escola nesta região.

De acordo com dados levantados pelo portal eletrônico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, 2021), enquanto 95% dos domicílios brasileiros da classe A têm ao menos um computador em casa, apenas 44% dos domicílios de classe C o possuem e 14% dos da classe D e E dispõem do computador. Com isso, 58% dos brasileiros acessam a internet exclusivamente pelo telefone móvel, proporção que chega a 85% nas classes D e E. Além disso, muitas vezes, nesses domicílios das classes D e E, há menos de um celular por pessoa e frequentemente, muitas crianças precisando do celular para estudar e os adultos para trabalhar, tornando as dificuldades ainda maiores nessas classes. Com 28% da população sem acesso a Web, a desigualdade digital reforça a exclusão social, já tão presente no Brasil. Ainda, quando considerado o âmbito rural, de acordo com o IBGE, 12% dos moradores não possuem internet, e 7,3% não possuem equipamentos para acesso por considerarem caro.

Pesquisas realizadas pelo INEP mostraram que de um total de 134.153 escolas de fundamental e médio, no país inteiro, somente 34 mil têm acesso à internet. Sendo que, ainda, os estados do Acre (27%), Amazonas (31%), Maranhão (36%) e Pará (38%), são os que apresentam menor infraestrutura tecnológica. Neste mesmo ranking, o Distrito Federal, os estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, aparecem com os maiores índices, sendo 98% para os dois primeiros, e 97% para os três últimos, respectivamente (de Sena et al., 2021).

As aulas na rede estadual do Paraná em tempos de afastamento social por COVID-19 foram remotas por meio da TV aberta, YouTube, aplicativos e Google Classroom, além das atividades impressas. Os pais ou responsáveis de alunos fizeram uso do aplicativo Aula Paraná no celular para receberem as informações de participação e desempenho dos filhos nas aulas. O Paraná tem mais de 2,1 mil instituições de ensino estaduais que oferecem atividades para aproximadamente 1 milhão de estudantes. Em setembro de 2020, seis meses após a suspensão das aulas presenciais, a Secretaria Estadual de Educação do Paraná (SEED) anunciou que 9,75% dos estudantes não estariam entregando as atividades há mais de 20 dias.

As oportunidades de pesquisa na área interseção das áreas da ciência da computação e da educação são muito maiores do que a rápida transição do ambiente de ensino físico para um online. Os assuntos que já eram importantes, tais como a adoção de tecnologias digitais para que os estudantes desenvolvam habilidades adequadas para capitalizar as oportunidades existentes e futuras nos mercados de trabalho e negócios, se somam às

questões de sustentabilidade, problemas com qualidade de ensino, as desigualdades de gênero, cultura e classe, a ausência do protagonismo do estudante, a distância entre as escolas e universidades, o aumento dos casos de depressão e ansiedade entre os professores e alunos, a violência entre estudantes e professores, entre outros, e com a pandemia ganharam ainda mais relevância.

O contexto desta dissertação de mestrado não envolve o estudo sobre os efeitos da ausência da escola no período da pandemia e nem tão pouco quer discutir as situações de crise e conflitos, incluindo perdas de aprendizagem, problemas de saúde mental, ameaças à proteção infantil incluindo o risco de exploração, abuso ou violência e aumento da desigualdade social. O assunto está colocado nesta seção para contextualizar as decisões que nortearam o desenvolvimento da proposta como dissertação de mestrado, em especial, as limitações impostas para sua aplicação e avaliação. O cenário da pandemia evidenciou a necessidade de se propor novas formas de se pensar a Educação, em particular, o ensino-aprendizagem de tecnologia que é o assunto principal desta dissertação.

2.2 Um esboço sobre o trabalho do Ecosistema Manna

O Grupo Manna vem trabalhando no desenvolvimento do conceito de Educação 5.0 e aplicando os temas Internet das Coisas (em inglês: *Internet of Things* - IoT), Internet dos Drones (em inglês: *Internet of Drones* - IoD), Internet Robóticas das Coisas (em inglês: *Internet of Robotic of Things* - IoRT), Inteligência Artificial (IA), Jogos e Computação Urbana como tecnologias que possibilitam a aprendizagem de tecnologia e despertam interesse de estudantes.

”É esperado que nos próximos anos muitos objetos façam parte da Internet das Coisas (IoT) e sejam utilizados em diferentes aplicações. Em breve, quase todos os objetos, pessoas, plantas e animais estarão usando a microeletrônica e a computação para oportunizar o desenvolvimento de diversas aplicações, entre elas experiências inovadoras em transporte, cidades inteligentes, monitoração e preservação ambiental, saúde, meio ambiente, defesa nacional e segurança pública, energia e mobilidade, qualidade de vida, convivência, agronegócios, transportes, turismo entre outras. Além da pesquisa, do desenvolvimento e da transferência tecnológica, é necessário incluir a sociedade nas transformações que hão de vir com a IoT e outras tecnologias tais como a Inteligência Artificial (IA). Sem uma estratégia de inclusão neste universo tecnológico, a sociedade

não estará apta a tomar proveito do arcabouço tecnológico, das oportunidades de emprego e apta a decidir sobre os rumos da sociedade 5.0².”

O Manna Team começou suas atividades há 20 anos como um projeto de pesquisa e extensão. Passou a ser uma rede com quase 200 pesquisadores e tornou-se um Ecossistema de Educação 5.0 que envolve, além de pesquisadores, professores e estudantes de pós-graduação, graduação, ensinos técnico, médio, fundamental I e II, de diferentes instituições e cidades.

A rede Manna Team vem desenvolvendo projetos em Instituições de Ensino Superior e em Escolas Públicas de Educação Básica de municípios do interior do Paraná: Maringá, Cianorte, Paranavaí, Campo Mourão, Apucarana, Jandaia do Sul, Guarapuava, Santa Helena, Mandaguari, Alto Paraná, Marialva, São Pedro do Ivaí e Tamboara, bem como em Brasília-DF, Presidente Epitácio-SP e Florestal-MG.

O Manna Team definiu pequenas metas para as contribuições que vão além da pesquisa, sendo elas: a integração das atividades de pesquisa, de ensino, de extensão e inovação com as demandas sociais, a busca pela equidade, inclusão e com a formação integral do cidadão; o estímulo ao domínio da tecnologia, ao caráter empreendedor e de inovação desde a Educação Fundamental I; a popularização da ciência com amplo diálogo com a sociedade; a formação comprometida com a ética, a integridade, a felicidade e atuação transformadora; a ampliação dos espaços de convivência, cultura e socialização; o despertar de vocações e perfis de excelência a partir do Projeto de Felicidade; o estímulo à participação de meninas nas áreas de Computação, Engenharias e Microeletrônica; a preocupação com o ensino-aprendizagem de pessoas especiais e com altas habilidades, o desenvolvimento de elementos de IoT e suas variações que possam estar disponíveis a todos.

Algumas das questões de pesquisa do Ecossistema Manna relacionadas com a Educação 5.0 são:

- A ciência da aprendizagem de tecnologia (IoT, IoD, IoRT, IA, Jogos, etc) pode ajudar a promover a inteligência social, o bem-estar, a redução das desigualdades e contribuir para um mundo melhor?
- Existe uma combinação ideal de aprendizagem hardskills (tecnologia e idiomas) e softskills (empreendedorismo e inteligência social) que possa promover ou colaborar com a Educação 5.0?

²<https://manna.team/>

- Como inserir a cultura da inovação em uma metodologia de educação que possa promover o protagonismo dos estudantes e dar aos professores novas oportunidades de crescimento profissional?
- Como tornar os produtos científicos e tecnológicos do Manna disponíveis para todos os atores da Educação?
- Como estimular a participação de meninas em STEAM?
- Como promover o crescimento de mulheres nas carreiras de STEAM?
- Como promover a inclusão e o letramento digital de deficientes, vulneráveis, melhor idade e pessoas especiais?
- Como contribuir com o estado da arte da área de acessibilidade?

Além dessa, surgem ainda as questões que motivaram esta dissertação de mestrado:

- Como projetar dispositivos de aprendizagem multimodais que se tornem produtos de difusão científica e tecnológica capaz de mudar o espaço, o tempo e as relações e que amplie os modos de aprendizagem considerando o tátil?
- Como mudar a direção dos fluxos de conhecimento de um para muitos para de muitos para muitos?
- Como desenvolver uma fonte de aprendizagem portátil?
- E, em tempos de pandemia, como exemplificar o uso de dispositivos de aprendizagem de tecnologia que sejam simples e baratos?

Apesar de todo o caos causado pela pandemia Covid-19, esta situação evidenciou a próspera organização do Ecossistema Manna e avaliou a eficácia dos esforços anteriores onde foram criados vários produtos para a educação não formal, para comunicação científica, a popularização da ciência, o engajamento e a aproximação entre universidades e entre universidades e escolas (Flôr et al., 2020).

2.3 Uma breve introdução à Educação 5.0

Na literatura, há estudos que afirmam que os educadores usam tecnologias inovadoras para atender às necessidades individuais (Engelbrecht et al., 2020) e que os alunos contemporâneos usam a tecnologia mais do que qualquer geração anterior (Van Broekhuizen et al.,

2016). Bolaños e Salinas (2021) argumentam que os ambientes digitais são significativos para a colaboração entre participação que considera equidade, diversidade e inclusão - preenchendo lacunas socioeconômicas e culturais.

Contudo, como mencionado no capítulo 2.1, uma grande parcela da população ainda está excluída digitalmente, isto é, uma grande parte da população mundial não tem dispositivos e nem conexão para participar deste cenário tão próspero.

Ademais, como mencionado no capítulo 1, antes da pandemia os alunos estavam em suas carteiras enfileiradas em uma sala de aula, ouvindo e visualizando seus professores que estavam à frente da sala falando, escrevendo ou projetando. A aprendizagem multimodal era baseada no que se via (lia), no que se ouvia e no que se escrevia. Todos os alunos recebiam a mesma informação ao mesmo tempo e no mesmo espaço. O fluxo do conhecimento era de um-para-muitos, isto é, do professor para muitos alunos.

Ao mesmo tempo, durante o período da pandemia pode-se notar que a maioria daqueles que estavam incluídos digitalmente, não dispunham de criticidade para identificar notícias falsas e para manter-se longe das discussões polarizadas. A ausência de senso crítico desfez o aprendizado formal e contribuiu para esconder o avanço científico, sem mencionar as milhares de vidas perdidas por desinformação. As pessoas disseminavam informações falsas, promoviam debates sem qualquer fundamento e usavam as redes sociais para um desserviço.

Muitos estudantes que dispunham de acesso ao mundo online, entraram na zona de conforto, passaram a jogar online e não tiveram propulsão para buscar o bem-estar, para exercer a empatia e tão pouco semear a paz em suas casas. A cidadania foi completamente esquecida. Outros estudantes que dispunham de acesso ao mundo online, tiveram que empenhar muito esforço para entender as plataformas uma vez que não haviam sido ensinados sobre elas.

A pandemia evidenciou a necessidade de se refletir sobre a aprendizagem de tecnologia bem como a aprendizagem de soft skills, incluindo o pensamento crítico. Não só os estudantes dos cursos de graduação das áreas das engenharias e da computação devem saber tecnologia, mas também todos os cidadãos. A aprendizagem de tecnologia deve ter início no Ensino Fundamental I e percorrer todos os anos do Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Técnico e estar presente em todos os cursos de graduação de todas as áreas de conhecimento. Além disso, todos os cidadãos devem ser introduzidos aos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU³, convertidos à cultura de inovação e empreendedorismo e estimulados para que tenham inteligência social. Estes são os desafios da Educação 5.0 que enfatiza que cidadãos bem informados, produtivos e com

³<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

bons relacionamentos sociais, devem ser formados desde a educação básica até o ensino superior.

Assim, a Educação 5.0 propõe que os estudantes sejam protagonistas na busca pelo aprendizado e que colaborem para produzir conhecimento e inteligência coletiva. Neste ambiente, não há competição, mas colaboração e compartilhamento de ideias. O engajamento é um requisito fundamental que contribui para envolver o estudante em várias dimensões, tais como: cognitiva, comportamental, emocional e motivacional para um processo de aprendizagem contemporâneo.

A Educação 5.0 é capaz de alavancar a formação desse cidadão, onde o aluno deve ter as *hard skills* (um conhecimento padrão sobre a área estudada e um domínio sobre tecnologia e idiomas) e *soft skills* (que englobam a inteligência social, valores e ética).

O conceito de sociedade 5.0 foi introduzido pelo governo japonês em 2016 para o movimento estratégico em busca de um desenvolvimento sustentável da sociedade com o maior índice de pessoas idosas do mundo. O conceito envolve, além dos aspectos tecnológicos, qualidade de vida, inclusão e sustentabilidade. Na sociedade 5.0 as tecnologias como *big data*, inteligência artificial e IoT são usadas para criar soluções com foco nas necessidades humanas⁴. Os maiores desafios da sociedade 5.0 não estão relacionados apenas com a tecnologia, mas sim com a formação do cidadão que é capaz de contribuir para construção de uma sociedade mais inclusiva e sustentável e que priorize a qualidade de vida de seus cidadãos.

2.4 A Base Nacional Comum Curricular

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reconhece que a “educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza”, mostrando-se também alinhada à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas⁵. A BNCC⁶ define 10 competências gerais da educação básica, sendo que a número 5 trata da cultura digital como colocado no trecho transcrito, “*Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar,*

³<https://www.japantimes.co.jp/opinion/2019/10/16/commentary/japan-commentary/reforming-education-society-5-0/>

⁴<https://fia.com.br/blog/sociedade-5-0/>

⁵<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

⁶<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/introducao>

acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva”.

Em um alinhamento com a formação no novo cidadão existe a Sociedade 5.0, que é conhecida como *”Super Smart Society”* e tem como objetivo criar uma sustentabilidade ao ser humano, melhorando sua qualidade de vida por meio da tecnologia (Shiroishi et al., 2018). O cidadão que está presente nessa sociedade deve acompanhar o avanço tecnológico, dessa forma, adaptando a tecnologia ao cotidiano. Esse cidadão que domina essas habilidades é o chamado Cidadão 5.0.

Por fim, a nova educação, que acompanha o desenvolvimento do ser humano, possui como auxílio de desenvolvimento a formação do pensamento crítico e de diretrizes propostas por Ennis (1985) e Bloom et al. (1956).

2.5 O futuro do trabalho

O Fórum Econômico Mundial (World Economic Forum), WEF (2020), afirma que uma maior adoção de tecnologia significará que as habilidades em demanda em todos os empregos serão alteradas nos próximos cinco anos, e as lacunas de habilidades continuarão a ser altas. Da mesma forma, o pensamento crítico e a solução de problemas estão no topo da lista de habilidades que os empregadores acreditam que crescerão em destaque nos próximos cinco anos. O Fórum também lista as 10 principais habilidades necessárias para 2025, sendo elas:

- Pensamento analítico e inovação;
- Aprendizagem ativa e estratégias de aprendizagem;
- Resolução de problemas complexos;
- Pensamento crítico e análise crítica;
- Criatividade, originalidade e iniciativa;
- Liderança e influência social;
- Uso, monitoramento e controle de tecnologia;
- *Design* tecnológico e programação;
- Resiliência, tolerância ao estresse e flexibilidade;

- Raciocínio, resolução de problemas e ideação.

Esta dissertação lida com este desafio: estudar os conceitos de Educação 5.0 selecionando os temas de pesquisa para compor o desenvolvimento de uma arquitetura que promova o engajamento contrastando o espaço, o tempo e o modo com que se aprende. Dessa forma, as próximas seções apresentam os temas selecionados no desenvolvimento da abordagem proposta, quais sejam: o pensamento crítico, o pensamento computacional e a cultura maker.

2.6 Pensamento Computacional

Durante o desenvolvimento desse trabalho, buscou-se as primeiras definições sobre o pensamento computacional, que foram propostas por Wing (2006), sendo ele um processo que envolve a resolução de problemas, a capacidade de projetar sistemas e a compreensão do comportamento humano recorrendo aos conceitos fundamentais da Ciência da Computação. O pensamento computacional reitera o trabalho construcionista de Papert e Harel (1991b) e foi citado pela primeira vez como um termo em um artigo seminal de Wing.

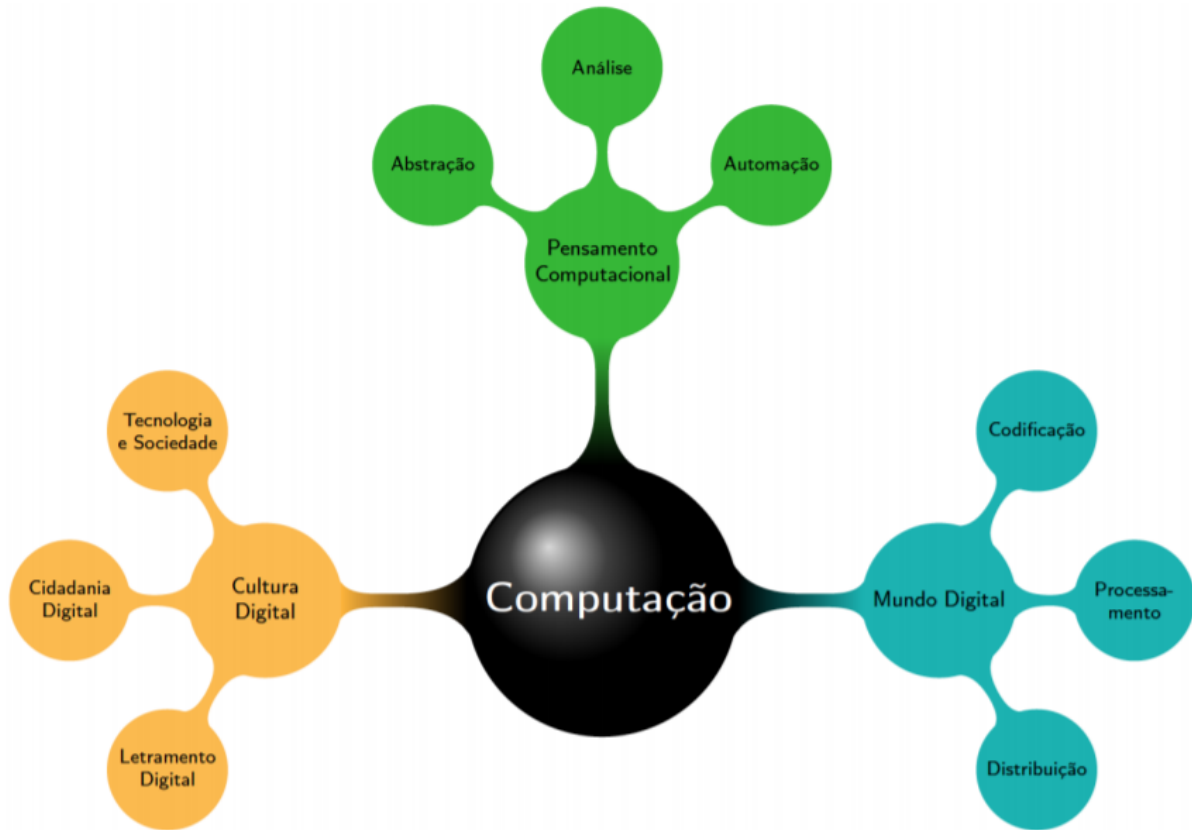
As instituições *Computer Science Teachers Association* (CSTA) e a *International Society for Technology in Education* (ISTE) definiram o pensamento computacional como um processo de solução de problemas que inclui as seguintes características: formular problemas de maneira que permita utilizar o computador e outras ferramentas para ajudar a resolvê-los, organizar e analisar os dados de maneira lógica e representar dados por meio de abstrações como modelos e simulações (ORTIZ e PEREIRA, 2018).

Por outro lado, a SBC (Sociedade Brasileira de Computação) (DCEB, 2021), entende que é fundamental e estratégico para o Brasil que conteúdos de computação sejam ministrados na educação básica. Ela afirma também que a computação contribui para a formação do jovem no século XXI, pois permite a compreensão plena do mundo; aumenta a capacidade de aprendizagem e resolução de problemas, provendo novas formas de expressão de pensamento; e serve como ferramenta de apoio ao aprendizado das demais disciplinas. Esses atributos derivam dos modelos propostos pela SBC que exemplifica os ramos da computação e que pode ser visto na Figura - 2.1.

Quando a computação passa a ser citada como uma ciência, a SBC define que é um campo que estuda as formas de representação da informação e o processo de resolução de problemas em si, e por isso ela é transversal as outras ciências, podendo ser utilizada na matemática, física, biologia, filosofia, história, entre outros conteúdos multidisciplinares.

A área da computação provê habilidades e conhecimento para tornar as pessoas muito mais capazes de criar e inovar em todas as áreas.

Figura 2.1: Modelo proposto pela SBC que exemplifica os ramos da computação.



Fonte: SBC (DCEB, 2021).

A união entre o pensamento computacional e a educação tem gerado abordagens e técnicas de ensino em diferentes disciplinas. A utilização do pensamento computacional estimula a criatividade e a capacidade de inovação do aluno o que torna eficiente o estímulo à disciplinas de ciências, engenharia e tecnologia. Por fim o trabalho contempla os alunos do século XXI, tornando uma abordagem atualizada e recente de ensino.

2.7 Pensamento Crítico

A propagação do pensamento computacional está diretamente ligada ao ser humano com pensamento crítico. De acordo com McPeck (2016), existe uma opinião predominante de que a capacidade de pensar criticamente é uma característica humana desejável, e que,

por esse motivo, deve ser ensinada em escolas sempre que possível. No entanto, para Decker et al. (2018) as definições para o pensamento crítico variam amplamente.

Alguns dos tópicos incluídos na definição de pensamento crítico são: identificar problemas, reconhecer suposições, determinar relacionamentos importantes, fazer inferências corretas, avaliar dados e evidências, conceituar, questionar, raciocinar, sintetizar e tirar conclusões. Porém a *The Foundation of Critical Thinking*, TFCT (2021), afirma que em sua forma exemplar, baseia-se em valores intelectuais universais que transcendem as divisões do assunto: clareza, exatidão, precisão, consistência, relevância, evidência sólida, boas razões, profundidade, amplitude e justiça.

O pensamento crítico é um tópico importante e vital na educação moderna. Todos os educadores estão interessados em ensinar pensamento crítico a seus alunos. Muitos departamentos acadêmicos esperam que seus professores e instrutores se tornem informados sobre a estratégia de ensino de habilidades de pensamento crítico (Schafersman, 1991).

O conceito de pensamento crítico para Ennis (1993), abrange capacidades (ponderar argumentos, verificar a credibilidade das fontes, identificar o foco de um problema e responder as perguntas clarificadoras ou questões desafiadoras) e também abarca disposições (estar disposto a decidir e a conservar o foco na conclusão ou questão, preparado a levar toda a circunstância em conta, organizado para requerer e apresentar razões, consciente de ser bem informado, disposto a olhar para alternativas e abdicar julgamentos quando as proeminências e razões são escassas).

Para Schafersman (1991), o objetivo de ensinar especificamente o pensamento crítico nas ciências ou em qualquer outra disciplina é melhorar as habilidades de pensamento dos alunos e, assim, prepará-los para ter sucesso no mundo. Uma pessoa que pensa criticamente pode fazer perguntas apropriadas, reunir informações relevantes, classificar essas informações de maneira eficiente e criativa, raciocinar logicamente a partir dessas informações e chegar a conclusões confiáveis sobre o mundo que permitem viver e agir com sucesso nele.

Ennis (1993) afirma que ao decidir de forma razoável e reflexiva no que acreditar ou fazer, uma pessoa precisa :

- Julgar a credibilidade das fontes;
- Identificar conclusões, razões e suposições;
- Julgar a qualidade de um argumento, incluindo a aceitabilidade de suas razões, suposições e evidências;
- Desenvolver e defender uma posição sobre uma questão;

- Fazer perguntas de esclarecimento apropriadas;
- Planejar experimentos e julgar projetos experimentais;
- Definir os termos de uma forma apropriada para o contexto;
- Ter a mente aberta;
- Estar bem informado;
- Tirar conclusões quando necessário, mas com cautela.

A utilização de técnicas existentes no pensamento computacional pode ser atrelada ao pensamento crítico. Por meio dessas práticas, desenvolve-se uma capacidade de analisar o aluno e amplamente constatar suas habilidades individuais e em equipe voltadas para a resolução de um problema em que o debate e a compreensão são fatores principais.

2.8 Metodologias Ativas

Com o período de isolamento social as escolas e instituições de ensino não tiveram outra opção além de se reinventar. Junto a essa necessidade houve um destaque para as metodologias ativas, que são formas diferenciadas e inovadoras de ensinar.

Fonseca e Mattar (2017), afirmam que as metodologias ativas abrangem um conceito muito amplo, que pode se referir a uma variedade de estratégias de ensino, como: aprendizagem baseada em problemas, problematização, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem por pares (ou *peer instruction*), *design thinking*, método do caso e sala de aula invertida, dentre outras (Fonseca e Mattar, 2017).

As instituições educacionais atentas às mudanças escolhem fundamentalmente dois caminhos: mudanças progressivas e mudanças profundas. Nas mudanças progressivas, elas mantêm o modelo curricular predominante, mas priorizam o envolvimento maior do aluno, com metodologias ativas como o ensino por projetos de forma mais interdisciplinar, o ensino híbrido e a sala de aula invertida. Outras instituições propõem modelos mais inovadores, disruptivos, sem disciplinas, que redesenham o projeto, os espaços físicos, as metodologias, baseadas em atividades, desafios, problemas, jogos e onde cada aluno aprende no seu próprio ritmo e necessidade e também aprende com os outros em grupos e projetos, com supervisão de professores orientadores (Morán, 2015).

Alguns autores referem-se sobre metodologias ativas de aprendizagem como sendo "pontos de partida" para prosseguir em processos mais avançados de reflexão, integração

cognitiva, generalização e reelaboração de novas práticas” (Fonseca e Mattar, 2017). Berbel (2011) afirma que podemos entender que as metodologias ativas baseiam-se em formas de desenvolver o processo de aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando às condições de solucionar desafios advindos das atividades essenciais da prática social em diferentes contextos.

Existem, portanto, algumas metodologias ativas que possuem um potencial de levar alunos à potencialização do aprendizado. Berbel (2011) diz que o estudo de caso é uma delas, sendo que é muito utilizado em cursos de Direito, Administração, Medicina entre outros. Com o estudo de caso, o aluno é levado à análise de problemas e tomada de decisões. Os alunos empregam conceitos já estudados para a análise e conclusões em relação ao caso. Pode ser utilizado antes de um estudo teórico de um tema, com a finalidade de estimular os alunos para o estudo. O estudo de caso é recomendado para possibilitar aos alunos um contato com situações que podem ser encontradas na profissão e habituá-los a analisá-las em seus diferentes ângulos antes de tomar uma decisão (BERBEL, 2011).

Para Morán (2015), a tecnologia traz hoje a integração de todos os espaços e tempos. O ensinar e aprender acontece numa interligação simbiótica, profunda, constante entre o mundo físico e mundo digital. Não são dois espaços diferenciados, mas um espaço estendido, uma sala de aula ampliada, que se mescla e hibridiza constantemente. Por isso a educação formal é cada vez mais híbrida, porque não acontece só no espaço físico da sala de aula, mas nos múltiplos espaços do cotidiano, que incluem os digitais. O professor precisa seguir comunicando-se face a face com os alunos, mas também digitalmente, com as tecnologias móveis, equilibrando a interação com todos e com cada um.

Considerando a importância das metodologias ativas no cenário educacional atual e reforçando a ideia de novas abordagens de ensino mediante a pandemia de COVID-19, algumas das metodologias ativas existentes e que conectam tecnologia e educação serão estudadas nesse trabalho e apresentadas nas subseções a seguir.

2.8.1 Cultura Maker

Buscando o estímulo do pensamento computacional e crítico, o movimento maker é apresentado por Raabe e Gomes (2018) como uma evolução do “Faça Você Mesmo” (*Do-It-Yourself*), que se apropriou de ferramentas tecnológicas como a placa Arduíno, impressoras 3D, cortadoras a laser, kits de robótica e máquinas de costura, para incentivar um aprendizado a partir da criação e descoberta. A internet, ao conectar “fazedores” e facilitar a di-

vulgarção de vídeos e manuais de experiências, também foi responsável pela popularização da cultura.

As práticas de construção e o método "faça você mesmo" (DIY) têm despertado cada vez mais interesse para os pesquisadores da interação humano-computador nos últimos anos. A prática tecnológica que une o lúdico a utilidade e a expressividade, apoia-se em algumas infraestruturas industriais, ao mesmo tempo que cria demanda por novos tipos de ferramentas. Prosperando em cima de sistemas digitais colaborativos, o movimento Maker envolve e impacta profissionais (Tanenbaum et al., 2013).

À medida que aumenta o interesse por atividades digitais, também tem havido um ressurgimento na prática da cultura artesanal. O valor da construção reside nas habilidades necessárias para criar artefatos feitos à mão e únicos, em oposição às habilidades da elite especializada. A noção de DIY surgiu para que as habilidades e conhecimentos necessários para criar fossem acessíveis a qualquer pessoa e não uma questão de acessibilidade (Caldwell e Foth, 2014).

Anderson (2012) diz que a opção por uma abordagem "faça você mesmo" às vezes é baseada em uma decisão de se opor ao consumismo e, em vez disso, promover a criação individual que muitas vezes vai além do material ou artefato tangível, uma vez que também transborda na elaboração de experiências. Com a combinação da rede Web 2.0 e um crescente interesse em fazer as coisas você mesmo, a cultura DIY foi além do mundo da construção para abranger o desenvolvimento e compartilhamento de conhecimento tecnológico, o que é conhecido como as culturas maker e hacker.

A cultura maker e hacker, juntamente com a abordagem DIY permite que espaços hackers sejam construídos. Lindtner e Li (2012) define esse espaço como *hackerspaces*, que são estúdios compartilhados que reúnem pessoas comprometidas com o compartilhamento gratuito e aberto de software e hardware, bem como ideias e conhecimento. Um estúdio típico será equipado com ferramentas que permitem fazer experimentos com o limite físico/digital - cortadores a laser, impressoras 3D, kits de microcontroladores e assim por diante.

Outro conceito apresentado que faz parte dos princípios da cultura maker e hacker é o chamado FabLab. O nome é derivado do inglês *Fabrication Laboratories* (Laboratórios de Fabricação) e é definido por Posch e Fitzpatrick (2012) como uma laboratório que abre as possibilidades de se engajar na produção de tecnologias maker diretamente, disponibilizando os equipamentos e materiais para a fabricação digital além das fronteiras de algumas empresas e instituições de pesquisa altamente especializadas e colocando-os nas mãos do público em geral. Ao fazer isso, espera-se que uma criação e uso de tecnologia

amplamente difundidos, diversificados e pessoalmente relevantes possam ser promovidos (Gershenfeld, 2005).

Esses espaços makers despertam o interesse pela criação, disseminação e popularização onde Blikstein et al. (2020) define que isso deve-se à 5 tendências, sendo elas:

- Maior aceitação social das ideias e princípios da educação progressiva;
- Países competindo por ter uma economia baseada em inovação;
- Crescimento da mentalidade e popularidade da criação e programação;
- Redução no custo dos equipamentos de fabricação digital e tecnologias de computação física; e
- Desenvolvimento de ferramentas mais poderosas e fáceis de usar para os alunos, e pesquisas acadêmicas mais rigorosas sobre aprendizagem em espaço maker.

Hoje o conhecimento é apresentado de forma pronta e estruturada, quase como se tivesse sido fabricado. O estudante consome as aulas - sem compreender como certos conceitos foram criados, com foco apenas no conteúdo que cada disciplina tem a transmitir. Enquanto que na abordagem de aprendizagem por resolução de problemas (ou desafios), tão disseminada em espaços de educação maker, é preciso quebrar os problemas em partes, partir de pressupostos para então chegar à solução, formulando teorias e construindo-as por meio da experimentação. Neste sentido, a educação associada ao movimento maker é diferenciada em relação às aulas tradicionais porque o aluno adquire ferramentas para compreender e aprimorar os conhecimentos recebidos nas aulas expositivas, ou seja, o estudante aprende a aprender (Brockveld et al., 2017).

De acordo com um relatório da UNESCO, Delors et al. (1996) realizaram um trabalho que resultou na definição de alguns pilares para a educação no século XXI, sendo eles:

Aprender a aprender, que visa não tanto a aquisição de um repertório de saberes codificados, mas antes o domínio dos próprios instrumentos do conhecimento pode ser considerado como um meio e como uma finalidade da vida humana;

Aprender a fazer, que consiste em exercitar a flexibilidade cognitiva, pensar criticamente e fazer boas escolhas para construir melhores soluções para problemas. Ela está mais estreitamente ligada à questão da formação profissional em como ensinar o aluno a pôr em prática os seus conhecimentos e, também, como adaptar a educação ao seu futuro trabalho;

Aprender a conviver, colocar-se no lugar do outro, usar de empatia e trabalhar em cooperação. Sem dúvida, esta aprendizagem representa, hoje em dia, um dos maiores

desafios da educação. A opinião pública, através dos meios de comunicação social, torna-se observadora impotente e até refém dos que criam ou mantêm os conflitos e por fim;

Aprender a ser, que afirma que o ser humano deve ser preparado, especialmente graças à educação que recebe na juventude, a elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir, por si mesmo, como agir nas diferentes circunstâncias da vida.

O MannaKDT também busca trabalhar com a STEAM, que é o termo amplo usado para agrupar as disciplinas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática. A sigla foi adotada pela *National Science Foundation* (NSF) em 2001 e trata de um método que busca integrar conhecimentos. Os estudantes desenvolvem projetos, fazem protótipos, constroem soluções e são protagonistas no processo de ensino-aprendizagem, além de aprenderem a não desistir e a concluir suas tarefas.

2.8.2 Dividir para Conquistar

A ideia da divisão e conquista computacional teve início em 1980 com Bentley (1980), quando o mesmo propôs dividir um problema algorítmico extenso em pequenas partes para que então, o resultado final fosse encontrado. Esse conceito foi levado para a área pedagógica e, assim, aplicado ao ensino.

Essa aplicação no meio educacional é apresentada por Denning (2017) e que explica as habilidades de *design* e criação de *software*, por exemplo, consideram um conjunto de conceitos de resolução de problemas, como representação, divisão e conquista, abstração, ocultação de informações, verificação e raciocínio lógico. Por outro lado Lu e Fletcher (2009), afirmam que para resolver o problema, verifica-se cada estado individualmente, mas também podemos usar dividir e conquistar para remover respostas incorretas.

O trabalho de Li (2016) dividiu o pensamento computacional em três partes: a) Ciência da Computação; b) Ciência computacional; e c) Todas as áreas. Na Ciência da Computação, ele utiliza o computador e seus métodos para resolver problemas reais; na ciência computacional ele converte os problemas do mundo real para o computador e em todas as áreas ele foca em como resolver os problemas de outros assuntos diferentes da computação. A metodologia de dividir e conquistar foi aplicada para auxiliar a codificação.

No trabalho de Bauer et al. (2015), também foi utilizada a metodologia de dividir e conquistar, entretanto focou-se na programação em blocos por meio de um jogo chamado *Dragon Architect* para propagar o pensamento computacional. Chaudhary et al. (2016) também utiliza um jogo chamado *Scratch* como auxílio. Eles criaram um acampamento

de verão para aplicar essas metodologias e, uma das propostas, era ensinar o pensamento computacional com o kit de robótica educacional da Lego.

2.8.3 Aprendizagem Baseada em Problemas

Uma das práticas seguidas à prática de divisão e conquista é a aprendizagem baseada em problemas, que também é conhecida como aprendizagem baseada em desafios. Nessa metodologia ativa, de Souza e Dourado (2015) afirmam que é um método de aprendizagem que, nos últimos anos, tem conquistado espaço em inúmeras instituições educacionais de ensino superior (nos cursos de graduação e pós-graduação) e no ensino básico em diversas disciplinas.

A aprendizagem baseada em problemas tem como base os princípios da escola ativa, do método científico, de um ensino integrado e integrador dos conteúdos, dos ciclos de estudo e das diferentes áreas envolvidas, em que os alunos aprendem a aprender e se preparam para resolver problemas relativos às suas futuras profissões (Moran, 2018). O autor completa informando que o método propõe uma matriz não disciplinar ou transdisciplinar, organizada por temas, competências e problemas diferentes, em níveis de complexidade crescentes, que os alunos deverão compreender e equacionar com atividades em grupo e individuais. Cada um dos temas de estudo é transformado em um problema a ser discutido em um grupo tutorial que funciona como apoio para os estudos.

Por outro lado, a aprendizagem baseada em problemas também é conhecida como aprendizagem baseada em projetos. Essa aprendizagem é uma metodologia onde os alunos envolvem-se com tarefas e desafios para desenvolver um projeto que também tenha ligação com sua vida fora da sala de aula. No processo, eles lidam com questões interdisciplinares, tomam decisões e agem sozinhos e em equipe. Por meio dos projetos, são trabalhadas também suas habilidades de pensamento crítico, criativo e a percepção de que existem várias maneiras para a realização de uma tarefa, tidas como competências necessárias para o século XXI. Os alunos são avaliados de acordo com o desempenho durante e na entrega dos projetos (Moran, 2018).

Por fim, (Moran, 2018) afirma que o papel do professor hoje é muito mais amplo e avançado: não está centrado só em transmitir informações de uma área específica; ele é principalmente *design* de roteiros personalizados e grupais de aprendizagem e orientador/mentor de projetos profissionais e de vida dos alunos.

2.8.4 Sala de Aula Invertida

Um dos modelos mais interessantes de ensinar, é o de concentrar no ambiente virtual o que é informação básica e deixar para a sala de aula as atividades mais criativas e supervisionadas. É o que se chama de aula invertida. A combinação de aprendizagem por desafios, problemas reais, jogos, com a aula invertida é muito importante para que os alunos aprendam fazendo, aprendam juntos e aprendam, também, no seu próprio ritmo. Os jogos e as aulas roteirizadas com a linguagem de jogos cada vez estão mais presentes no cotidiano escolar. Para gerações acostumadas a jogar, a de desafios, recompensas, de competição e cooperação é atraente e fácil de perceber (Morán, 2015).

De acordo com (Oliveira et al., 2016), a sala de aula invertida propõe que os alunos conheçam e estudem o conteúdo em casa e o tempo disponível em aula que, tradicionalmente, é ocupado por longas exposições orais do professor, é utilizado para que os alunos estudem, interagindo ativamente com seus colegas e professor. Nela, os alunos entram em contato com os tópicos a serem discutidos em sala por meio de atividades prévias às aulas. Em sala de aula, os alunos usualmente de forma colaborativa, realizam atividades experimentais, de simulação computacional e/ou resolução de problemas.

2.8.5 Estudo de Caso

Berbel (2011) afirma que as metodologias ativas tem o potencial de levar os alunos à sua autonomia de aprendizagem. Para isso uma das metodologias ativas que colaboram com essa afirmação é o estudo de caso. Essa metodologia faz com que o aluno seja levado à análise de problemas e tomadas de decisões. Os alunos empregam conceitos já estudados para análise e conclusões em relação ao caso, como por exemplo, pode ser utilizado antes de um estudo teórico de um tema, com a finalidade de estimular os alunos para o estudo.

Fortalecendo a definição dessa metodologia ativa, Gil (2000) explica que o professor apresenta à classe uma ocorrência ou incidente de forma resumida, sem oferecer maiores detalhes. A seguir, coloca-se à disposição dos alunos para fornecer-lhes os esclarecimentos que desejarem. Após a sessão de perguntas, a classe é subdividida em pequenos grupos e os alunos passam a estudar a situação, em busca de explicações ou soluções.

Dessa forma, esta técnica serve para alertar os alunos sobre a necessidade de um maior número de informações quando se quer analisar fatos não presenciados. Por outro lado, requer um maior preparo do professor, assim como de materiais relacionados ao assunto abordado (GIL, 1990).

2.8.6 Gamificação

O termo *gamificação* foi definido por Kapp (2012) como sendo o uso de mecânicas, estéticas e pensamentos baseados em jogos para engajar pessoas, motivar a ação, promover a aprendizagem e resolver problemas. Para Alves (2018) a evolução das gerações atuais de alunos cresceu juntamente com o avanço da tecnologia e, conseqüentemente, o acesso à informações ascendeu. Por esse motivo essas gerações tem contato com jogos digitais (games). O aluno que exerce tal atividade nos celulares ou videogames, está em constante interação com a tela e os controles para a execução de suas ações.

Como um jogo está na área do lúdico e normalmente acaba envolvendo o jogador através de uma narrativa e outros elementos (como desafios, conquistas, vitórias e outros), acaba se tornando uma atividade interessante (ALVES, 2018). A ideia dessa metodologia ativa parece inovadora, mas ela já é estudada desde 1964 quando Vygostky (1964) refere-se que o ato de brincar como a possibilidade de materialização simbólica de conceitos abstratos, permitindo realizar simulações mentais para verificar a execução de suas ações.

O avanço da tecnologia nos permite envolver os alunos em uma aplicação multidimensional que, por meio da internet, permite que eles estejam jogando em uma mesma realidade (online) porém em localidades diferentes (suas casas). Usar a gamificação como ferramenta de aprendizagem contempla as ideias apresentadas anteriormente, reunindo o útil ao agradável, o lúdico à aprendizagem.

2.8.7 Aprendizagem Baseada em Times

No artigo de Rocha e Lemos (2014) é explicado que a aprendizagem baseada em times é projetada para fornecer aos alunos conhecimento tanto conceitual quanto processual. Os alunos são organizados em grupos permanentes e o conteúdo do curso é dividido em grandes unidades (geralmente cinco a sete). As atribuições da equipe devem visar o uso de conceitos da disciplina para tomada de decisão, de forma a promover a aprendizagem por meio da interação do grupo.

Contemplando o que foi descrito anteriormente, Yepes (2020) diz que essa metodologia ativa costuma ser direcionada para turmas com muitos alunos. Os times formados trabalham dentro do mesmo espaço físico (em geral, na sala de aula). As atribuições da equipe devem visar o uso de conceitos da disciplina para tomada de decisão, de forma a promover a aprendizagem por meio da interação do grupo. Antes de qualquer trabalho em sala de aula, os alunos devem estudar materiais específicos.

Por fim, é executado um pequeno teste sobre as ideias-chave a partir das leituras individuais dos alunos; em seguida, o teste é refeito em grupo, chegando a um consenso

sobre as respostas da equipe. Os alunos recebem *feedback* imediato sobre o teste da equipe e, em seguida, oportunizar os alunos para que, caso eles sintam que é necessário, apresentar argumentos válidos para as respostas julgadas erradas (Rocha e Lemos, 2014).

2.8.8 Peer Instruction

É um método de ensino-aprendizagem introduzido por Erik Mazur, em 1991, na Universidade de Harvard nos Estados Unidos, com o objetivo dos alunos se envolverem no processo de aprendizagem e compreenderem de forma mais significativa os conceitos de conteúdos já lidos ou vivenciados (da Silva Santos, 2019).

A cartilha da Capes desenvolvida por da Silva Santos (2019) descreve as etapas necessárias a serem seguidas nesse método:

- O professor inicia a aula fazendo uma mini-exposição ou oferecendo uma leitura base sobre o conteúdo a ser trabalhado;
- O professor lança uma questão aos estudantes, para que os mesmos reflitam e encontrem uma resposta correta;
- Em seguida o professor avalia a quantidade de acertos individuais na sala. Se mais de 70% dos alunos acertaram a questão, significa que compreenderam o conteúdo. Se menos de 30% dos alunos acertarem a questão, significa que os alunos não compreenderam o conteúdo e este precisa ser trabalhado novamente com uma nova abordagem de ensino. Se o percentual for entre 30 à 50%, sem falar a resposta, o professor divide a sala em pequenos grupos para que os alunos utilizem sua capacidade de argumentação para convencer os colegas que sua resposta está correta.
- Após todos assinalarem a resposta, o professor diz a resposta correta e abre-se uma discussão sobre as respostas informadas, justificando cada uma delas e criando um ambiente de discussão e debate sobre o tema proposto.

Essa metodologia ativa também é conhecida como aprendizagem em pares e conforme descrita na dissertação de Yepes (2021). Ele também afirma que é uma metodologia que visa fazer com que os alunos aprendam enquanto debatem entre si, com base em um tema definido pelo professor. Nessa metodologia os alunos são instigados por perguntas conceituais (na maioria das vezes de múltipla escolha), direcionadas para indicar suas dificuldades e propiciar uma oportunidade de pensar sobre conceitos desafiadores. Essa técnica promove a interação em sala de aula, com o envolvimento dos alunos na abordagem de aspectos críticos da disciplina.

2.9 Kits de tecnologia

Na literatura, são raras as iniciativas para se explicar *hardware*, e para popularizar a tecnologia a partir do entendimento da eletrônica. O trabalho de Reisslein et al. (2012), utilizou um kit educacional da *Snap Circuits* como uma ferramenta de ensino de eletrônica. Com tal pesquisa, foi possível mensurar o entendimento, satisfação e carga cognitiva de alunos dos ensinos fundamental e médio a partir da utilização do kit, além de abordar temas como diferenciação de representações abstratas e concretas de circuitos elétricos.

O trabalho de Cunha et al. (2016) apresenta o *DidacTronic*, um kit de desenvolvimento e prototipagem para eletrônica digital e analógica circuitos. *DidacTronic* é uma plataforma portátil e de baixo custo cujo objetivo é incluir alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e alunos do ensino médio no mundo inovador da tecnologia e motivá-los a aprender fazendo trabalho de *design*. Um dispositivo como esse permite que eles vejam os conceitos apresentados nas aulas teóricas, como física e eletrônica. O *DidacTronic* se conecta a tablets e smartphones, por meio de módulo *Bluetooth* do Arduino, para que os alunos possam usá-los como um visor para monitorar sinais, entradas e saídas dos circuitos. A plataforma usa o Arduino com *ATmega 328* e está organizado em três módulos: osciloscópio, multímetro e gerador de funções. Neste contexto, o MannaKDT poderia fazer uso do *DidaticTronic* porque eles são complementares. Em um dos kits do MannaKDT, a maleta leva até a casa do estudante um multímetro e uma das funcionalidades do *DidaticTronic* é um multímetro.

O trabalho Papert (1990) apresenta o LOGO, uma linguagem de programação para ambiente escolar desenvolvida pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos). O trabalho descreve como as crianças poderiam programar computadores para controlar robôs, compor músicas, criar jogos, fazer desenhos, etc. Em Papert e Harel (1991a), os autores criam o conceito do construcionismo e as bases para a robótica educacional. O sistema de conjunto de construção programável *Lego Mindstorms* recebeu este nome com base neste trabalho, sendo que o LEGO são blocos de montar fabricados por uma empresa dinamarquesa. O MannaKDT tem esta inspiração em sua maleta maker constituída de peças que podem ser montadas em diferentes configurações para que se possa oferecer o ensino-aprendizagem de diferentes conteúdos de eletrônica e computação.

No trabalho de Li (2015), os autores apresentam um estudo de caso da implementação de uma abordagem baseada em projetos (PBL) para um curso de Engenharia Eletrônica em Tiajin. Mendoza et al. (2016) trata do ensino e métodos de avaliação para projetos de sistemas embarcados em tempo real baseados em microprocessadores, sendo o método

utilizado a aprendizagem baseada em projetos. Costa et al. (2017) apresenta um protótipo de um kit educacional composto por uma ferramenta de simulação e uma plataforma de hardware reconfigurável com o amplificador operacional *uA741*. Estes trabalhos já estão direcionados para os futuros profissionais da engenharia e da eletrônica sendo aplicados em universidades e cursos técnicos. O MannaVolt é dedicado a todo o tipo de público com objetivo de despertar a genialidade e a propulsão além do ensino-aprendizagem do pensamento computacional e da eletrônica.

Garcia-Zubia et al. (2016) levanta a hipótese do uso de laboratórios remotos na aprendizagem, indicando que os mesmos podem produzir um efeito positivo em tal aprendizagem dos alunos a partir de uma atividade desenvolvida na Internet para controlar e medir um cenário experimental. Em síntese, eles criam laboratórios virtuais existentes como simuladores para substituir laboratórios reais de prática em eletrônica analógica básica. Diferente do trabalho de Garcia-Zubia et al. (2016), o MannaVolt não é apenas uma oficina virtual nem tão pouco apenas uma oficina real. Ele é um arcabouço maker em que os estudantes podem tocar nas peças e realizar as montagens em casa ou no ambiente educacional aprendendo a fazer, aprendendo a conhecer, bem como aprendendo a ser e aprendendo a conviver uma vez que se torna parte da cultura maker no espaço virtual.

2.10 Monitoramento do processo de aprendizagem: Como medir?

A Educação 5.0 ainda é uma área incipiente de pesquisa porque ela está na interseção de muitas áreas, em particular, das tecnologias, da educação e da neurociência. É preciso o envolvimento de talentos e pesquisadores das áreas de tecnologia para que os produtos de difusão científica e tecnológica possam ser desenvolvidos. É preciso buscar nas outras áreas técnicas e/ou métodos para se monitorar o processo de aprendizagem e medir o resultado da intervenção tecnológica e de empoderamento.

Métodos avaliativos que medem o conhecimento e o aprendizado de alunos têm sido aplicados para realizar o monitoramento do processo de aprendizagem, em especial, em análises relacionadas ao pensamento crítico e computacional durante a realização de aulas e experimentos. Durante a pandemia, as aplicações de alguns métodos foram afetados, pois dependiam de aplicações no mesmo espaço e tempo do professor. Isso reforça que os modelos ensino-aprendizagem e seus mecanismos de medida ainda estão presos ao espaço físico, ao tempo (todos ao mesmo tempo) e da forma um-para-muitos.

Das técnicas e modelos estudados, foram identificados na literatura questionários avaliativos, taxonomias e conceitos educacionais, tais como o questionário VARK, Teste de Cornell, Taxonomia de Bloom, Taxonomia de Ennis e Taxonomia SOLO. Todos esses mecanismos são baseados em questões alternativas ou dissertativas, desenvolvidos com base na literatura estudada.

2.10.1 VARK

Embora existam várias ferramentas para estudar os estilos de aprendizagem dos alunos, o questionário *visual-aural-read/write-kinesthetic* (VARK) é uma ferramenta simples, disponível gratuitamente e fácil de administrar que incentiva os alunos a descrever seu comportamento de uma maneira que eles possam identificar qual o modo que os fazem aprender. O objetivo é compreender a modalidade (ou modalidades) sensorial preferida dos alunos para a aprendizagem. Os professores podem usar esse conhecimento para facilitar a aprendizagem dos alunos. Além disso, os próprios alunos podem usar esse conhecimento para mudar seus hábitos de aprendizagem (Urval et al., 2014).

O questionário VARK (Fleming e Mills, 2001), como o próprio nome diz, é dividido em quatro modalidades sensoriais de ensino/aprendizagem que são:

- **Visual (V):** Inclui a representação de informações em mapas, diagramas, gráficos, fluxogramas, diagramas rotulados e outros dispositivos apresentados visualmente. Quando um quadro branco é usado para desenhar um diagrama com símbolos significativos para a relação entre diferentes coisas, isso será útil para aqueles com uma preferência Visual⁷.
- **Auditivo (A):** Descreve uma preferência por informações que são "ouvidas ou faladas". Os alunos que têm isso como sua principal preferência relatam que aprendem melhor com palestras, discussão em grupo, rádio, usando telefones celulares, falando, *webchats* e conversando. A preferência auditiva inclui falar em voz alta e também consigo mesmo⁸.
- **Leitura-Escrita (R):** Essa preferência é para informações exibidas como palavras. Não é de surpreender que muitos professores e alunos tenham uma forte preferência por esse modo. Pessoas que preferem esta modalidade utilizam *PowerPoint*, Internet, listas, diários, dicionários, citações e palavras⁹.

⁷<https://vark-learn.com/strategies/visual-strategies/>

⁸<https://vark-learn.com/strategies/aural-strategies/>

⁹<https://vark-learn.com/strategies/readwrite-strategies/>

- **Cinestético (K):** Por definição, esta modalidade se refere à “preferência perceptual relacionada ao uso da experiência e prática (simulada ou real)”. Inclui demonstrações, simulações, vídeos e filmes de coisas “reais”, bem como estudos de caso, práticas e aplicações. A chave é a realidade ou natureza concreta do exemplo. Se puder ser agarrado, segurado, provado ou sentido, provavelmente será incluído. Uma tarefa que requer os detalhes de quem fará o quê e quando é adequada para aqueles com essa preferência, como um estudo de caso ou um exemplo prático do que é pretendido ou proposto¹⁰.

O aprendizado online pode apresentar desafios para aqueles que preferem usar certos modos de aprendizagem: visual-audível-leitura/escrita e tátil. É relativamente simples para os materiais de aprendizagem escritos serem distribuídos aos alunos, seja em uma forma impressa ou online, e esses materiais podem facilmente conter os mesmos gráficos, tabelas, diagramas e mapas que seriam usados em uma sala de aula. Tradicionalmente, tem sido mais difícil, no ensino à distância, fornecer materiais usando os modos auditivo ou cinestésico do VARK, mas até certo ponto, os avanços da tecnologia facilitaram uma gama de alternativas para as formas como essas modalidades são normalmente usadas em sala de aula (Fleming e Mills, 2001).

2.10.2 Taxonomia de Bloom

Durante os estudos para este trabalho, percebeu-se que alguns fatores não foram incluídos, tais como os fatores humanos sendo eles o entusiasmo gerado nos estudantes, suas motivações e melhorias de desempenho e comportamento não são considerados. A fim de entender o ensino-aprendizagem do aluno durante o processo educacional, algumas taxonomias foram aplicadas. Uma dessas taxonomias é a de Bloom.

De acordo com Ferraz e Belhot (2010), decidir e definir os objetivos de aprendizagem significa estruturar o processo educacional de modo a oportunizar mudanças de pensamentos, ações e condutas. Essa estruturação é resultado de um processo de planejamento que está diretamente relacionado à escolha do conteúdo, procedimentos, atividades, recursos disponíveis, estratégias, instrumentos de avaliação e da metodologia a ser adotada por um determinado período de tempo.

Segundo Bloom et al. (1956), a taxonomia de Bloom tem como objetivo ajudar no planejamento, organização e controle dos objetivos de aprendizagem. Para isso, pesquisadores utilizam-se dessa terminologia conceitual baseada em classificações estruturadas

¹⁰<https://vark-learn.com/strategies/kinesthetic-strategies/>

e orientadas para definir algumas teorias instrucionais. Duas vantagens destacam-se na utilização da taxonomia no contexto educacional:

- Oferecer a base para o desenvolvimento de instrumentos de avaliação e utilização de estratégias diferenciadas para facilitar, avaliar e estimular o desempenho dos alunos em diferentes níveis de aquisição de conhecimento; e
- Estimular os educadores a auxiliarem seus discentes, de forma estruturada e consciente, a partir da percepção da necessidade de dominar habilidades mais simples (fatos) para, posteriormente, dominar as mais complexas (conceitos).

A classificação proposta por Bloom dividiu a aprendizagem em três domínios: cognitivo, afetivo e psicomotor. O domínio cognitivo abrange a habilidade intelectual sendo ela focada na memorização de fatos específicos, interpretação de problemas, aplicação do conhecimento em outras situações e estabelecimento de padrões. O domínio afetivo trata de reações de ordem afetiva e de empatia, como por exemplo participação ativa, disposição nas respostas e nas atividades, aceitação e compromisso. Por fim, o domínio psicomotor trata de habilidades relacionadas a manipulação de objetos e ferramentas. Nela estão habilidades como manipulação, organização e adaptação (Mamede e Abbad, 2017).

Para Selby (2015), a adequação do uso de taxonomias na pesquisa sobre programação é apoiada em vários estudos. É possível atribuir habilidades aos níveis do domínio cognitivo de acordo com a taxonomia de Bloom. Ele indica que seu trabalho conseguiu ser incluso dentre os domínios propostos por Bloom. Por outro lado, ele também afirma que existem habilidades do pensamento computacional que ainda são difíceis de dominar, como a habilidade de programar.

Dessa forma, pode-se constatar que é possível incluir a taxonomia de Bloom dentro do ensino do pensamento computacional e utilizá-la como um método avaliativo para a obtenção de resultados.

2.10.3 Taxonomia SOLO

O nome, Taxonomia SOLO, vem do acrônimo de *Structure of Observing Learning Outcome*, e tem como principal função avaliar em uma escala de complexidade cognitiva o processo mental e o raciocínio. Para Biggs e Collis (2014) aprender significativamente quer dizer dar significado ao conhecimento existente, envolvendo o sujeito que aprende em duas tarefas: conhecer fatos, capacidades, conceitos ou estratégias de resolução de problemas; e usar aqueles fatos, capacidades, conceitos ou estratégias de resolução de problemas.

A taxonomia SOLO descreve cinco níveis de respostas dos alunos: (1) Pré-Estrutural; (2) Uniestrutural; (3) Multiestrutural; (4) Relacional; e (5) Abstrato Entendido. A resposta Pré-Estrutural é o tipo de resposta menos sofisticada que um aluno pode dar. Em termos de leitura e compreensão de um pequeno trecho de código, um aluno que dá uma resposta pré-estrutural está manifestando um equívoco significativo de programação ou está usando um preconceito que é irrelevante para a programação. A resposta Uniestrutural é uma resposta em que o aluno manifesta uma compreensão correta de alguns, mas não de todos os aspectos do problema. A resposta Multiestrutural é uma resposta em que o aluno manifesta uma compreensão de todas as partes do problema, mas não manifesta a consciência entre as relações entre essas partes. Como exemplo, aluno não consegue ver a floresta para além das árvores. A resposta Relacional é uma resposta em que o aluno integra as partes do problema em uma estrutura coerente e usa essa estrutura para resolver a tarefa. Em um exemplo, o aluno consegue ver a floresta. Por fim, a resposta Abstrato Entendido é a resposta do aluno vai além do problema imediato a ser resolvido e liga o problema a um contexto mais amplo (Lister et al., 2006).

A Figura - 2.2 apresenta um quadro de Hattie e Brown (2004), adaptado por Mol e Matos (2019), que mostra alguns exemplos de respostas e suas classificações sobre uma referida pergunta.

Figura 2.2: Exemplos de respostas classificadas nos níveis SOLO.

<p>Questão: Por que escurece à noite?</p> <p>Pré-estrutural: Porque o sol vai dormir.</p> <p>Uniestrutural: Porque o sol vai para o outro lado do mundo.</p> <p>Multiestrutural: Porque a Terra está girando e o sol está rodeando a Terra.</p> <p>Relacional: Fica escuro à noite, porque o sol circunda um lado da Terra em 12 horas, é o dia; e, nas outras 12 horas, o sol está circundando o lado oposto da Terra, é quando escurece e vira noite.</p> <p>Abstrato estendido: A Terra é esférica e gira sobre seu eixo norte-sul. Enquanto está em rotação, em um momento, a metade da esfera terrestre que enfrenta o sol estará em luz, enquanto a metade oposta será na sombra. Como a Terra está continuamente em rotação, um ponto na superfície da Terra passará alternadamente por meio da metade iluminada e a metade sombreada.</p>

Fonte: Mol e Matos (2019).

Dessa forma para a sequência do desenvolvimento desse trabalho, será desenvolvido um questionário SOLO para as aplicações, baseado nos conceitos propostos da referida taxonomia. Isso será devidamente tratado em seções posteriores.

2.10.4 Taxonomia de Ennis

As taxonomias existem como métodos de classificação da ciência. Dessa forma, outra taxonomia utilizada no trabalho será a Taxonomia de Ennis. A proposta de Ennis (1985) afirma que ao decidir no que acreditar ou fazer, somos ajudados pelo emprego de um conjunto de disposições e habilidades de pensamento crítico. Para que pensadores críticos apresentem seus ideais, eles devem estar dispostos a:

- Cuidar para que suas decisões sejam justificadas.
- Buscar hipóteses alternativas, explicações, conclusões, planos e fontes.
- Considerar outros pontos de vista.
- Estar bem informado.
- Usar suas habilidades de pensamento crítico.

Em continuidade a definição dessa taxonomia, Ennis (1985) apresenta as habilidades do pensamento crítico. Essas habilidades são: Clarificação elementar; Suporte básico; Inferência; Clarificação elaborada; e Estratégias e táticas.

A clarificação elementar consiste em selecionar uma questão, identificar e formular um critério de julgamento para possíveis respostas, analisar argumentos, encontrar conclusões e realizar perguntas que auxiliem na clarificação das questões, como por exemplo "Por que?", "O que você quer dizer?", "Quais são os fatos?", entre outros.

Outra habilidade apresentada é o suporte básico. Neste conceito, deve-se avaliar a credibilidade de uma fonte utilizando um critério crítico bem definido, saber os riscos de aceitar uma opinião, observar e julgar as fontes.

A habilidade de inferência condiz com a dedução, indução e explicação dos fatos. Para isso deve-se utilizar a lógica, interpretação, criar hipóteses explanatórias, analisar os fatos e consequências de aceitação, e alternativas que podem ser geradas.

Por fim, as últimas habilidades são clarificação elaborada e estratégias e táticas. A clarificação elaborada tem como característica a definição de termos e sua avaliação. Nessa habilidade, deve-se pressupor argumentos e pensamentos, estabelecendo um critério apropriado para análise desse pensamento crítico. A habilidade de estratégias e táticas consiste em elaborar planos para a resolução do seu problema, organizar seu pensamento para que possa argumentar sobre o assunto por meio do seu pensamento crítico.

Pensamento computacional aplicado

Como mencionado no capítulo 1, este trabalho de dissertação foi diretamente impactado pela pandemia. O trabalho inicialmente proposto e definido como Qualificação de mestrado tinha como objetivo o estudo de práticas educacionais voltadas ao ensino do pensamento computacional para jovens com transtorno do espectro autista. As primeiras fases do trabalho foram desenvolvidas e os resultados iniciais podem ser analisados em Pereira et al. (2018).

A aplicação do estudo desenvolvido foi dividido em três etapas: o ensino do funcionamento do computador e pseudocódigo; introdução ao pensamento computacional por meio da programação; problemas de interesse com a resolução de problemas do mundo real empregando a técnica de programação em pares, aliada a estratégia de aprendizagem baseada em desafios.

De início foi explicado ao aluno conceitos básicos sobre Hardware, Software e pseudocódigo. Buscando despertar o interesse de um aluno com espectro autista e que possui déficit de atenção, foi necessário utilizar uma abordagem interativa, apresentando componentes físicos do computador para explicar o que era hardware e trazer assuntos de seu interesse para explicar o que era software. Nessa etapa apresentou-se componentes como: HD, memória, drive de cd, placa de rede, placa mãe, entre outros. Na sequência foi explicado ao aluno qual a função de cada um desses componentes dentro do computador. Para a segunda definição associou-se o gosto do aluno com jogos computacionais e dessa forma foi possível o entendimento do que é software. Todos esses conceitos foram apresentados na primeira aula.

O passo seguinte tratava da desmistificação do conceito de software. Para tanto, foi fornecido um cenário desafiador para o aluno dedicar-se à abstração, organização mental e

sugestão de soluções. Este exercício estava intimamente relacionado com algumas funções executivas que exercitam o foco, a seleção dos dados, o tratamento de distratores e o exercício da criatividade. Em um diálogo direcionado, o aluno foi sendo questionado como ele resolveria o desafio. Diante da solução apresentada, transcreveu-se a resposta. Ao final, a resposta foi reformulada em formato de pseudocódigo para que o aluno entendesse a importância da sequência lógica e da redução de ambiguidades.

Depois que um primeiro exemplo foi apresentado e trabalhado, o aluno foi desafiado a resolver outras situações empregando o pseudocódigo. Assim, nasceu o interesse do aluno em exercitar o desenvolvimento da lógica para encontrar soluções para os exercícios propostos. A pluralidade de exemplos fizeram o aluno entender que havia uma gama de caminhos possíveis para encontrar um resultado final.

Com esse conceito inicial de que existem diversas formas de resolução de problemas, optou-se por ensinar o pensamento computacional ao aluno por meio da programação. Por ser portador de déficit de atenção, verificou-se que o aluno despertava muito interesse na parte prática do desenvolvimento, aprendendo rapidamente algumas palavras reservadas da linguagem Pascal e a estrutura básica para se elaborar um código.

Na etapa anterior foi trabalhada com o aluno a formação de pseudocódigos e lógica computacional por meio de alguns exercícios. Esses mesmos exercícios foram apresentados ao aluno, porém desta vez, com resoluções em código. Notou-se que com essa familiaridade e o interesse do aluno, as aulas fluíram muito bem e o aluno apresentou uma grande clareza com relação ao entendimento do que foi proposto.

Buscando apresentar uma linha de raciocínio contínua ao aluno, apresentou-se então problemas do mundo real para a resolução algorítmica. Com um exemplo real o aluno poderia pensar melhor na solução do exercício e empenhar-se para encontrar uma resposta correta. Ao ser apresentado à problemas onde a aplicação não era prática no cotidiano ou que não despertava tanto o interesse do aluno, percebeu-se que ele levava mais tempo para entender e para organizar suas ideias.

Uma das estratégias no ensino de algoritmos é a repetição, o que pode ocasionar desinteresse por parte do aprendiz. Por isso, optamos por explorar o interesse automotivo do aluno, identificado por meio de entrevistas. Dessa forma, elaboramos exercícios onde a palavra "carros" era constante. Como por exemplo, ao invés de propor um exercício como: "Dado uma circunferência, calcule o raio e o diâmetro da figura", propomos um problema onde: "Um carro de uma determinada marca está em exposição. Calcule o raio e o diâmetro da roda." Ao aplicar essa abordagem, averiguamos que o aluno empenhava-se mais em resolver o exercício e chegar a uma solução.

Outra abordagem de ensino utilizada foi a programação em pares. No início das atividades, quando o aluno ainda não possuía um pensamento computacional formalizado e uma lógica mais aguçada, a baixa familiaridade dele com a codificação acabava por atrapalhar o desenvolvimento do trabalho. Embora tenha sido explicada a linguagem de programação e sua estrutura de utilização ainda era notória a dificuldade em iniciar o desenvolvimento dos desafios. Para auxiliar o raciocínio lógico do aluno o instrutor iniciava o código e estruturava algumas etapas da solução. Perguntas como "Quais as informações que precisamos para resolver esse desafio?", "Quais são as respostas desse desafio?", "Quais cálculos são necessários para resolver esse desafio?", "O que significa essa palavra reservada?" ou "O que relaciona um bloco de instruções?", foram sendo feitas para que o aluno conseguisse se organizar mentalmente. Após essa troca de informações, o aluno assumiu o controle e conseguiu desenvolver a parte lógica do problema. Com o passar do tempo o aluno adquiriu sua independência no desenvolvimento de algoritmos.

Devido ao déficit de atenção do aluno por muitas vezes foi difícil mantê-lo centrado para a realização do desenvolvimento do problema ofertado. A saída encontrada para despertar o interesse do aluno na resolução de um problema foi então utilizar da estratégia de aprendizagem baseada em problemas. Quando essa técnica foi aplicada, o aluno reconheceu a abordagem desafiadora e passou a ter um incentivo maior para resolver os problemas indicados. Percebeu-se que seu rendimento e seu foco eram maiores quando ele estava entretido em encontrar a resposta de um problema proposto.

3.1 Validação e Resultados

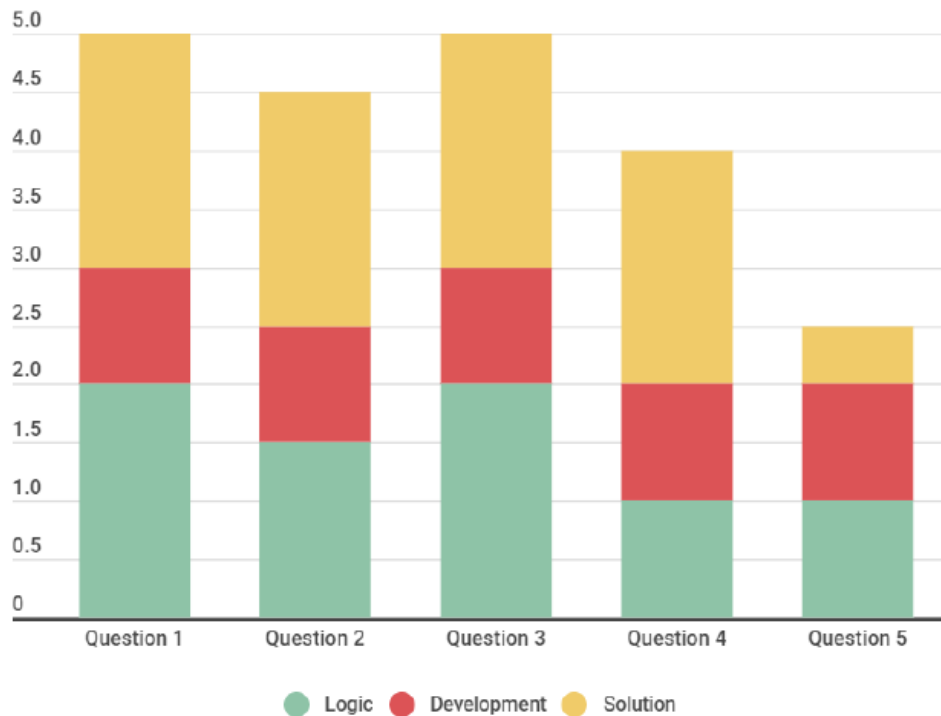
Para avaliar a metodologia proposta, deve-se discutir alguns pontos, como: o perfil do aluno; a avaliação para obtenção de resultados e os resultados do teste aplicado seguidos de discussões sobre o desempenho do aluno.

O aluno selecionado para o desenvolvimento desse trabalho foi escolhido por fazer parte do nosso público alvo. Partindo desse princípio, viu-se a oportunidade de propagar o ensino do pensamento computacional por meio da programação. Para isso foi necessário entender que o ensino de programação exige um alto nível de raciocínio lógico e conhecimentos matemáticos. Nesse conceito, alunos de ensino médio encaixam-se no perfil citado. Como a aplicação foi realizada com apenas um aluno, informa-se que o mesmo possui 15 anos de idade e cursava o primeiro ano do ensino médio. O aluno em questão recebe apoio escolar pedagógico em uma clínica de psicopedagogia e é diagnosticado com déficit de atenção.

Como esse trabalho foi realizado anteriormente a pandemia, para a realização das atividades, as aulas eram efetuadas na residência do aluno ou do professor. A escolha do local do desenvolvimento do trabalho foi feita para que o aluno se sentisse em um ambiente seguro e que sua rigidez inicial fosse superada. Devido a compromissos escolares, por muitas vezes as aulas foram remarcadas, porém, esse empecilho foi resolvido com a reposição da aula em um dia no qual o aluno encontrava-se disponível.

A fim de avaliar o método desenvolvido, propomos as aulas durante 34 semanas, totalizando 204 horas. Antes de cada aula a ser ministrada era realizada uma revisão do conteúdo aprendido pelo aluno onde eram respondidas questões sobre a aula anterior. Ao término de uma explicação teórica do conteúdo, o aluno era submetido a exercícios sobre o assunto aprendido em aula. Essa também é uma estratégia adotada por desenvolvedores profissionais em uma abordagem adaptada da metodologia ágil chamada de *Scrum*. A ideia é que em quinze minutos de conversa a dupla se conecte com o que está fazendo, ou seja, com o desafio que está enfrentando, discuta as expectativas e planeje as ações daquele encontro.

Para avaliar o conhecimento aprendido ao término de todas as aulas, um teste foi aplicado com o objetivo de consolidar a aprendizagem do aluno. Esse teste foi dividido em três partes. Na primeira parte o professor selecionou cinco problemas diferentes e enumerou-os entre 1 e 5 gradativamente, sendo 1 o exercício mais fácil e 5 o mais difícil. Em seguida o aluno deveria encontrar a solução por meio da programação para esses exercícios e a corretude para encontrar a solução final, seria avaliada. A segunda parte consiste em pedir para o aluno enumerar de 1 a 5 quais os níveis de dificuldade que ele encontrou nos exercícios. Por fim, na terceira parte foi pedido para o aluno usar o mesmo critério de avaliação para informar quais os tipos de questão que lhe despertou mais interesse em resolver. A Figura - 3.1 mostra os acertos do aluno para cada questão. Os valores representam a correção de cada problema, na qual as respostas variam entre "0,0" (totalmente incorreta) e "5,0" (totalmente correta). Para efetuar a correção dos exercícios dividiu-se a avaliação em três pontos de correção: Lógica, valendo "2,0" pontos; Desenvolvimento, valendo "1,0" ponto e; Solução, valendo "2,0" pontos.

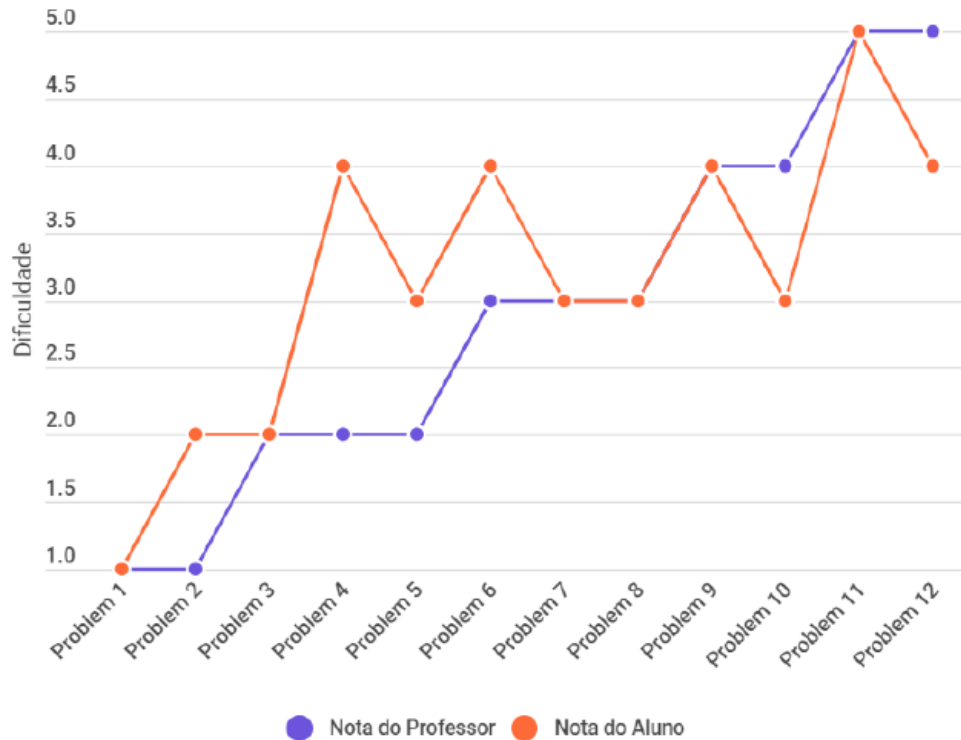
Figura 3.1: Gráfico de avaliação dos exercícios.

Fonte: Autoria própria.

Os pontos de correção foram avaliados da seguinte forma: A lógica foi avaliada como sendo o raciocínio do aluno para organizar suas ideias e entender o problema. Dessa forma, após essa modelagem, cabia ao aluno enviar esse conhecimento para o algoritmo. Na etapa de desenvolvimento foi avaliada a habilidade do aluno em transpor suas ideias ao meio computacional, organizando seu raciocínio e mostrando o domínio da linguagem. Por fim, a solução foi avaliada como sendo o quanto o aluno aproximou-se do resultado esperado.

Na segunda parte da avaliação, foram separados alguns exercícios de âmbito generalizado para que o aluno pudesse avaliá-los. Preferiu-se não escolher exercícios modificados pelo interesse do aluno, pois poderia impactar diretamente em sua avaliação individual. Para essa segunda etapa foram apresentados 12 problemas, partindo do mais fácil até o mais difícil, com as dificuldades variando entre 1 e 5. A Figura - 3.2 apresenta os resultados das notas dadas para a dificuldade do exercício pelo professor e pelo aluno.

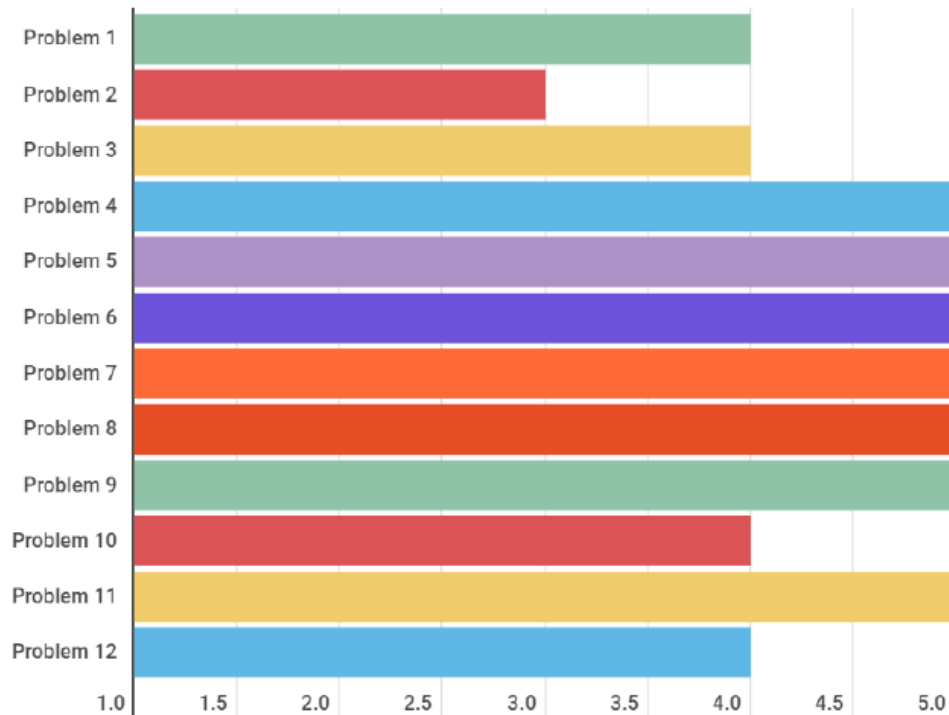
Figura 3.2: Gráfico de dificuldade dos problemas.



Fonte: Autoria própria.

Ao analisar a figura é possível perceber que os resultados foram semelhantes. Para os problemas onde existe uma diferença de nível de acordo com o aluno, é explicável que a falta de experiência do aluno tenha influenciado na avaliação.

A terceira etapa foi aplicada a fim de reconhecer o perfil do aluno e entender quais os tipos de problemas ele desenvolveu um maior interesse em resolver. Para isso, os mesmos 12 problemas anteriores foram passados e o aluno deveria avaliar de 1 a 5 quais os exercícios mais gostou de desenvolver. A Figura - 3.3 mostra a avaliação do aluno.

Figura 3.3: Gráfico de avaliação de interesse do aluno.

Fonte: Autoria própria.

Verificando a Figura - 3.3 pode-se dizer que sete exercícios foram interessantes em serem desenvolvidos pelo aluno. Outros quatro exercícios obtiveram nota "4,0" na avaliação, o que também desperta o seu interesse. A única questão em que o aluno mostrou-se menos satisfeito, foi no problema 2, onde o mesmo avaliou como nota "3,0". Isso pode ter ocorrido devido a repetição envolta do problema para que fosse encontrada a solução. Esse problema foi avaliado pelo professor com o menor grau de dificuldade. Devido a falta de desafios, o aluno então avaliou o problema com uma nota abaixo das outras. Ressalta-se que mesmo com apenas um único exercício contendo nota "3,0", o aluno ainda ficou acima da metade da nota possível. Dessa forma, pode-se concluir que o aluno despertou um interesse na programação e na solução de problemas.

3.2 Impacto na vida do aluno

Para que fosse possível compreender o real impacto do aprendizado na vida do aluno, foi aplicado um questionário com perguntas distribuídas em três dimensões: metodologia aplicada; experiências em relação ao conteúdo; e expectativas futuras. O questionário foi

composto por questões com opções de respostas graduadas de 1 a 5, múltipla escolha e questões abertas para valorizar as opiniões e sugestões do aluno. Essa aplicação ocorreu 12 semanas após o término das atividades, aguardando pela consolidação do conhecimento adquirido pelo aluno.

Com a análise das respostas foi possível traçar o perfil do aluno. O perfil desse aluno de ensino médio é direcionado ao seu interesse em tecnologia e aprendizagem computacional. Destaca-se outros interesses como por exemplo automóveis e jogos computacionais. Pelo que foi possível extrair, o aluno continuará com seus trabalhos voltados pra tecnologia em geral e isso inclui um bom princípio de pensamento computacional e programação.

O método proposto obteve desafios a serem enfrentados sendo que o primeiro deles foi romper com a dificuldade de resolução de exercício do aluno nos primeiros minutos. O uso de uma metodologia em pares auxiliou a superar essa barreira. Outro desafio enfrentado foi o de manter a frequência do estudante, mesmo quando os compromissos da rotina escolar o impediam de participar das aulas. Para a falta de tempo do aluno sempre superamos com a remarcação ou reposição das aulas.

Por fim, após a experiência e a análise dos resultados, foi possível observar que o aluno teve um bom percentual de acerto nos exercícios, sugerindo sua eficácia e indicando que o método é promissor e necessita ser utilizado com maior frequência, já que o resultado foi satisfatório.

MannaKDT: Uma abordagem prática da Educação 5.0

Esta dissertação de mestrado propõe o desenvolvimento de uma abordagem prática de aprendizagem multimodal e multidimensional para Educação 5.0. Ela foi desenvolvida durante o tempo em que o laboratório Manna e as escolas públicas estavam fechadas devido ao afastamento social imposto pela COVID-19. Este capítulo oferece uma descrição dos passos realizados para se construir essa abordagem prática de Educação 5.0 em tempos de pandemia onde não era possível reunir estudantes em um mesmo local nem tão pouco ter acesso aos laboratórios. O foco está na oportunidade de levar a cultura maker para as casas dos estudantes e assim, ampliar as dimensões da aprendizagem de tecnologia bem como os modos, com foco no modo tátil (tocar, mover, agir, criar). A abordagem é também uma experiência para o uso de dois dos vários kits *delivery* de tecnologia e engajamento do Ecossistema Manna, quais sejam: MannaVolt e MannaIno. Além disso, é possível exemplificar a ideia de uso do Manna Maker. As iniciativas e trabalhos do grupo Manna serão apresentadas na seção 4.1. Na seção 4.2 será explicado como foi realizado o desenvolvimento do ambiente de trabalho e toda a preparação envolto do mesmo e por fim, na seção 4.3 será apresentado os pré e pós-testes feitos nas aplicações.

4.1 Iniciativas e trabalhos do grupo Manna

Na seção 2.2 vimos que o grupo Manna é o grande incentivador desta pesquisa. Pôde-se explicar sobre os pilares que regem os trabalhos do grupo, porém, não foi mencionada sobre

as atividades que o grupo desenvolve. Desta forma, serão apresentadas a seguir algumas das principais iniciativas e trabalhos desenvolvidos pelo grupo e que cabem entendimento e aplicação para esta dissertação.

4.1.1 MannaVolt

O MannaVolt é um kit educacional que inclui as novas abordagens de ensino-aprendizagem utilizando a cultura maker como estímulo à criatividade e ao reconhecimento da genialidade que existe em cada um. A ideia é provocar a propulsão, o protagonismo, o mindset e despertar o estudante para a vocação em eletrônica, computação e engenharias. O MannaVolt é concebido como uma prática de vivência inovadora extra sala de aula, dentro e fora da escola. Ao se tornar o protagonista de sua própria aprendizagem o aluno também estimula seu pensamento crítico e suas habilidades cognitivas.

Por ocasião do afastamento social em tempos de pandemia de Covid-19, estudantes de escolas públicas tiveram a oportunidade de experimentar o MannaVolt como um espaço maker em casa, uma vez que eles recebem as maletas que contêm os kits de eletrônica e lógica em um esquema *delivery* de tecnologia e passam a ter acesso ao espaço maker virtual. Assim, o MannaVolt tornou-se um laboratório maker em domicílio em tempos de pandemia.

Na educação, decidir e definir os objetivos de aprendizagem significa estruturar o processo educacional de modo a oportunizar mudanças de pensamentos, ações e condutas. Essa estruturação é resultado de um processo de planejamento que está diretamente relacionado à escolha do conteúdo, procedimentos, atividades, recursos disponíveis, estratégias, instrumentos de avaliação e da metodologia a ser adotada por um determinado período de tempo (Ferraz e Belhot, 2010).

As peças do kit são impressas em 3D e preparadas com botões e componentes eletrônicos sendo colocadas em uma maleta junto com multímetro, carregador, apostila e adesivos. Essas peças são impressas em 3D usando filamento plástico ABS. No total, são aproximadamente 25 peças que formam um circuito eletrônico totalmente montável. Algumas peças necessitam de soldagem para que sejam conectadas à ímãs e encaixes. Outras peças são soldadas juntamente com um potenciômetro ou resistor. Assim que prontas e colocadas na maleta maker, o participante recebe um multímetro, carregador e adesivos. A seguir a Tabela - 4.1 apresenta os componentes dentro de um kit MannaVolt, os itens que o acompanham e sua respectiva quantidade.

Tabela 4.1: Componentes MannaVolt.

Componente	Quantidade
<i>Base</i>	1
<i>Componente 1</i>	3
<i>Componente 2</i>	3
<i>Jumper 1</i>	4
<i>Jumper 2</i>	3
<i>Jumper 3</i>	2
<i>Jumper 4</i>	2
<i>Jumper 5</i>	1
<i>Multímetro Digital</i>	1
<i>Maleta</i>	1
<i>Apostila</i>	1
<i>Adesivos</i>	1
<i>Potenciômetro</i>	1
<i>LEDS/Resistores</i>	1
TOTAL	25

Fonte: Autoria própria.

Por fim, também foi realizado um cálculo para a customização do MannaVolt. Esse cálculo foi feito no ano de 2019, quando foi necessário a impressão de novas peças para a aplicação deste trabalho. O valor gasto por confecção do kit varia entre R\$100,00 e R\$130,00 reais. Esse valor considera a mão de obra necessária e a energia gasta para a impressão das peças.

4.1.2 MannaIno

O MannaIno é um kit *delivery* de tecnologia que introduzir os alunos ao universo da Internet das Coisas com foco em novas abordagens de ensino-aprendizagem. Todo o curso é baseado em desafios que instigam o aluno a aprender a ser um maker. A pessoa que está acostumada à manipular componentes de hardware, componentes elétricos e de eletrônica, geralmente precisa ter à disposição vários deles. Para facilitar o transporte e guardá-los, é comum que sejam usadas pequenas caixas com divisórias.

O MannaIno também é composto por alguns componentes porém, diferente do MannaVolt, este não necessita de nenhuma confecção para os mesmos. Com isso, o projeto utiliza uma placa de Arduino e outra de Protoboard além de alguns componentes eletrônicos. No total, o kit possui 20 itens e foram confeccionadas treze unidades, sendo que dez delas foram entregues aos alunos. A Tabela - 4.2 apresenta os componentes dentro de um kit

MannaIno, os itens que o acompanham e sua respectiva quantidade. Já a Figura - 4.1 mostra o kit MannaIno que foi entregue aos participantes.

Tabela 4.2: Componentes MannaIno.

Componente	Quantidade
<i>Caixa</i>	1
<i>Adesivos</i>	1
<i>NodeMCU</i>	1
<i>Protoboard</i>	1
<i>Jumpers</i>	16
<i>LEDs coloridos</i>	9
<i>Buzzer auto oscilante</i>	1
<i>Sensor de temperatura</i>	1
<i>Sensor de umidade</i>	1
<i>LDR</i>	1
<i>Resistores</i>	5
<i>Cabo micro USB</i>	1
TOTAL	39

Fonte: Autoria própria.

Figura 4.1: Marmitta *delivery* MannaIno entregue aos participantes.



Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma que o MannaVolt, o MannaIno também teve o levantamento de custos realizado. O cálculo foi realizado no ano de 2021 para a aplicação do curso desse trabalho. O valor gasto para a construção do kit foi aproximadamente R\$100,00. Nesse caso, como os itens e componentes não precisam ser confeccionados, não existe mão de obra e nem custo de energia elétrica.

4.1.3 Manna_Acessibilidade

Quando a área de conhecimento é a microeletrônica, os sistemas embarcados ou o projeto de hardware, não são encontradas na literatura abordagens que promovam a construção de comunidades de aprendizagem de hardware que sejam genuinamente inclusivas, de modo que todos possam ter oportunidades para alcançar o seu potencial.

Estudantes indígenas, vulneráveis sociais, menores infratores, deficientes físicos, superdotados, pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento (transtorno do espectro autista (TEA)), transtorno do déficit de atenção, bem como os estudantes de escolas rurais, precisam ser personagens das práticas e tecnologias inovadoras que permitem reconceber ou reconstruir o saber e as relações de aprendizagem multimodal e multidimensional. Muitos projetos que ensinam programação ou pensamento computacional não abordam o ensino da parte física da computação: o hardware.

Nesse contexto, o grupo Manna parte da iniciativa em pensar na forma de ensinar esse grupo de pessoas, usufruindo de um método de ensino inovador e envolvente, no qual o aluno sintá-se interessado em aprender. Dentro dessa iniciativa pode ser citado o trabalho desenvolvido na seção 3, o qual abordou um método de ensino envolvendo a aprendizagem de programação para alunos com o transtorno do espectro autista (TEA). O grupo também conta com o MannAccess, uma tecnologia assistiva voltada para a acessibilidade de deficientes visuais. Seu principal objetivo é representar uma imagem digital num formato tátil e auditivo, fazendo com que um deficiente visual possa "sentir" a imagem ¹.

4.1.4 Manna Meninas

O Manna Meninas é uma iniciativa do grupo Manna que busca inserir uma maior quantidade de mulheres e meninas nas áreas tecnológicas. De fato, a área em si abrange muito mais pessoas do sexo masculino do que feminino e essa iniciativa visa essa mudança. O grupo conta com o projeto "Mulheres na STEAM" que busca a inclusão de mulheres

¹<https://manna.team/>

nas disciplinas básicas de conhecimento, tais como ciências, matemática, tecnologia, engenharias e artes.

Essa iniciativa se aplica à esse trabalho. Será explicado nas próximas seções o método de seleção de participantes, no qual será mencionado a preferência para a escolha de mulheres para o desenvolvimento deste projeto.

4.1.5 Manna Maker

O Manna Maker apresenta a prática da educação 5.0 contemplando alguns aspectos de desenvolvimento, sendo eles: a criação do ambiente virtual para o aluno; a confecção da maleta maker e do kit *delivery* tecnológico, respectivamente apresentados pelo MannaVolt e MannaIno; e os diferentes focos de ensino, como o ensino de eletrônica e o ensino de IoT. Tudo isso, incluso ao desafio de construir comunidades de aprendizagem que sejam genuinamente inclusivas, de modo que todos os alunos alcancem seu potencial. Dentro do Manna Maker temos:

- Educação inclusiva abordando diferenças sociais: materiais (classe, localidade), corpóreos (idade, raça, sexo e sexualidade e características físicas e mentais) e simbólicos (cultura, idioma, gênero, família, afinidade e personalidade);
- Reflexividade social que podem criar "comunidades de prática" para apoiar a aprendizagem;
- Criação de conhecimento entre pares e o poder da inteligência coletiva;
- Aprendizagem entre pares: alunos como professores;
- Apoiando a diversidade do aluno;
- Leituras digitais: descoberta, navegação, discernimento e alfabetização crítica;
- Que os alunos se tornam participantes mais ativos em sua própria aprendizagem;
- Reconhecer as diferenças do aluno e usá-las como um recurso produtivo.

A ideia é provocar a propulsão, o protagonismo, o *mindset* e despertar o estudante para a vocação em computação, eletrônica e engenharias, bem como introduzir o pensamento computacional a partir de experiências com a lógica e com a eletrônica.

Por mais de uma década, pesquisadores e profissionais da educação têm explorado como meios inovadores podem ser integrados à aprendizagem tradicional para enriquecer

a experiência de ensinar e aumentar a eficácia do aprender. Contudo, pouco tem sido proposto no sentido de se educar para tecnologias. Ainda são incipientes as iniciativas para se formar um cidadão educado digitalmente, e em particular, com entendimento do que é a computação em termos de hardware e software. Um cidadão que entende a tecnologia, pode fazer melhor uso dela em sua vida pessoal, profissional e social. Um cidadão que domina tecnologia, pode fazer diferença em sua comunidade e em sua área profissional seja ela qual for.

4.2 Preparação do ambiente

O engajamento na aprendizagem é um conceito multidimensional que inclui a capacidade de um indivíduo de se envolver de forma comportamental, cognitiva, emocional e motivacional em um processo de aprendizagem contínuo. Criar um ambiente de aprendizado autônomo, no qual o participante se sinta completamente envolvido e disponível não só para aquisição de conhecimento como também para o compartilhamento de ideias Ifenthaler et al. (2018). Isso se baseia na complementaridade das diferenças do aluno - experiência, conhecimento, maneiras de pensar e maneiras de ver. Os alunos também envolvem pessoas que antes seriam consideradas estranhas ou mesmo excluídas no processo de aprendizagem: pais e outros membros da família, amigos críticos ou especialistas.

4.2.1 Abordagem Multimodal: visual, auditivo e cinestésico

Como mencionado, na grande maioria das salas de aula os estudantes usam os modos escuta, visualização, leitura e escrita durante o aprendizado. Na pandemia, quando as aulas se tornaram online, os mesmos modos foram usados e o que mudou foi o espaço, uma vez que os alunos foram impedidos de frequentar as salas das escolas e universidades e passaram a tentar acompanhar as aulas online de suas casas.

O tempo também mudou porque algumas aulas online foram substituídas por aulas gravadas. Assistir as aulas gravadas no tempo que for possível ou desejável, muda a relação temporal e exige comprometimento do estudante. Cabe a ele acessar as aulas em seu tempo e isto exige habilidades, tais como: disciplina, propulsão, determinação e o entendimento de que não estará sozinho para sempre.

Dentro do ambiente inovador e desafiador de ensino que foi apresentado pela pandemia, podemos incluir então o ambiente VUCA. Essa nomenclatura vem da sigla em inglês *Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity* que significa: Volatilidade, incerteza,

complexidade e ambiguidade. Bennett e Lemoine (2014a) explica cada uma dessas características da seguinte forma:

- **Volatilidade:** A informação está disponível e a situação é compreensível. Para aplicá-la é necessário ser ágil. A agilidade é a chave para lidar com a volatilidade. Saber direcionar os estudos aumentando o potencial da mesma.
- **Incerteza:** A falta de conhecimento sobre um assunto. Para isso, acredita-se que a informação é fundamental para reduzir a incerteza.
- **Complexidade:** Diversas formas de conectar conhecimentos, formando uma rede de informações. Aplicar diversas técnicas para alinhar os conhecimentos que serão obtidos em uma atividade.
- **Ambiguidade:** A falta de conhecimento sobre um assunto. É necessário experimentar e praticar para reduzir essa falta de conhecimento. Somente por meio da experimentação que pode-se determinar que estratégias serão adotadas para solucionar um problema.

O ambiente VUCA possui uma facilidade imensa de adaptação, encaixando-se em uma abordagem multimodal, tratando o visual, auditivo e cinestésico. Educacionalmente também contempla o ensino presencial, online e híbrido de uma forma adaptável. A grande dificuldade nos dias atuais em trabalhar com o ambiente VUCA é a dependência de conexão com a internet. Porém, visando a modernidade e alcançando o cidadão 5.0, acredita-se que a tecnologia faz parte do cotidiano do ser humano, dessa forma esse problema é minimizado.

Tantas mudanças realizadas sem planejamento em um ambiente VUCA, trazem impactos e grandes oportunidades. Não é foco desta dissertação avaliar os impactos das mudanças da educação em tempo de pandemia mas realizar uma abordagem prática de Educação 5.0, enviando para as casas dos estudantes KDTs que ampliem o espaço e contribuam com o tempo de aprendizagem. Em cada lição, o MannaKDT precisa assegurar que ela está cobrindo todos os modos de aprendizagem para certificar-se de que está alcançando todos os participantes. Foram definidos os seguintes estilos para as abordagens do MannaKDT:

- TMA: estilo de aprendizagem tátil/cinestésico (tocar/mover/agir);
- VE: estilo de aprendizagem visual/escrita (leitura/escrita);
- SV: estilo de aprendizagem visual/não verbal (imagens);

- OF: estilo de aprendizagem auditivo/verbal (ouvir/falar).

Nessa mudança de tempo e espaço, a abordagem proposta encontrou o momento adequado para desenvolver essa prática da Educação 5.0 considerando também as atividades táteis – que levam o estudante a “fazer”, a “construir” e a “desenvolver”. O “fazer” (no inglês: *to make*) passa a ser incluído como um modo de aprendizagem fora da escola e inspirado pela cultura maker. Como mencionado na seção 2.10.1 que trata do questionário VARK, a cinestesia ocorre em uma a cada vinte pessoas e está relacionada com o sensorial e com o toque, mesclando os sentidos (audição, fala, visão e tato).

4.2.2 Abordagem Multimodal: presencial, online e híbrido

O valor das plataformas de aprendizagem online e das ferramentas de videoconferência foram reforçados em todo o mundo com a chegada da pandemia. Muitos tiveram que se adaptar à mudança rápida e repentina para a educação à distância. Os nativos digitais já estavam abertos à educação a distância, mas não estavam prontos para estarem sozinhos e isolados em suas casas.

Os aspectos multidimensionais do MannaKDT estão relacionados com a oportunidade, em tempos de pandemia ou não, de engajar os estudantes em atividades que os despertem para o pensamento criativo e colaborativo e que os estimule a formular ideias e a externá-las. Algo muito alinhado com a cultura do empreendedorismo e da inovação. As dimensões podem ser definidas considerando o espaço de aprendizagem: em domicílio, na escola, nas praças, nos espaços de inovação tais como: *fablabs*, *maker spaces*, *hackerspaces* e em qualquer lugar, uma vez que os KDT são produtos de difusão que permeiam as dimensões do físico e do virtual.

A abordagem MannaKDT apresenta a prática da nova educação contemplando alguns aspectos de desenvolvimento, sendo eles:

- O espaço maker virtual: o ambiente virtual preparado para que o aluno seja o protagonista de seu aprendizado tomando decisões sobre o tempo e o espaço de aprendizagem;
- As malas/marmitas/malas ou containers de difusão científica e tecnológica: um kit *delivery* de tecnologia que pode chegar às casas dos estudantes, às escolas, às praças de qualquer cidade do país.

4.3 Pré e Pós-Teste

Como citado na seção 2.10 o processo de avaliação de aprendizagem é complexo. Não existe uma forma correta de avaliar o quanto um indivíduo aprendeu e sim, se ele aprendeu. Porém, para minimizar essa dificuldade, pensou-se em uma forma de recolher dados quantitativos sobre este trabalho. Para isso foi decidido utilizar uma avaliação pré e pós-teste.

As aplicações desses testes ocorreram de forma diferenciada para cada uma das atividades. Para o MannaVolt optou-se por utilizar de um questionário elaborado pelo autor do trabalho em conjunto com os instrutores que aplicariam a atividade. Esse questionário é dissertativo e envolve questões sobre o tema que seria abordado com o aluno. Esse teste é relativamente curto e é voltado aos conhecimentos sobre eletrônica básica. Esse teste também analisa a lógica do aluno e foi desenvolvido baseando-se na taxonomia de Bloom. O teste é composto por treze perguntas que podem ser verificadas na Tabela - 4.3.

Tabela 4.3: Questões do segundo teste envolvendo Taxonomia de Bloom.

Questão	Descrição da Pergunta
1	O que são cargas elétricas?
2	Qual a diferença entre cargas elétricas e campo elétrico?
3	O que é um circuito elétrico?
4	Você acredita que tudo o que aprendeu nas aulas é verdade?
5	Você pesquisou algum conteúdo relacionado quando não estava em horário de aula?
6	Você se questionou se o que foi apresentado nos vídeos fazia sentido?
7	O que acontece quando a corrente passa no circuito para que um LED acenda?
8	O que acontece se passarmos mais corrente do que o circuito suporta?
9	O que acontece com a eletricidade quando ela entra em contato com materiais isolantes?
10	Porque dizem que um raio não cai duas vezes no mesmo lugar?
11	Ao montar um circuito desde o início, por onde começaria?
12	Como você montaria seu próprio robô? Por onde começaria?
13	O que esse robô faria?

Fonte: Autoria própria.

Juntamente com esse questionário, foi aplicado também um teste de pensamento crítico chamado Teste de Cornell (Nível X). Esse teste é composto por 76 questões que buscam

instigar o participante sobre a veracidade de informações contidas nessa avaliação, dessa forma estimulando o pensamento crítico.

Nesse teste é apresentado ao aluno um texto explicativo chamado "Exploração em Nicoma", onde uma pequena tripulação do Planeta Terra chega ao recém descoberto planeta Nicoma e, por meio de perguntas, o aluno deve refletir sobre os acontecimentos ocorridos no novo planeta. Algumas informações prévias são fornecidas ao aluno e requerem um pensamento claro sobre esses fatos. Porém, é de responsabilidade do participante verificar a veracidade dos fatos apresentados. Caso não exista uma boa resposta para o questionamento levantado ou exista uma dúvida, é aconselhado que a resposta seja deixada em branco. As informações passadas descrevem temas como: o que aconteceu com o grupo de tripulantes; uma investigação na Aldeia de Nicoma; o que é possível fazer sobre aquele planeta; e um relatório de decisões. Após a reflexão sobre esses quatro temas e as respostas consideradas pelo aluno, é sugerido que o aluno volte algumas questões e repense sobre as marcações. Nesse momento, cabe ao aluno realizar as alterações que achar necessário para encontrar a resposta correta. As respostas sobre os assuntos abordados durante o teste, são apresentadas logo ao término das questões.

Para a atividade desenvolvida com o MannaIno outros testes foram escolhidos. Isso foi feito pois encontrou-se métodos diferentes de avaliação durante o período de estudos para este trabalho e após a aplicação do MannaVolt. Para esse teste, aplicou-se uma avaliação baseada em projetos e a análise da taxonomia SOLO.

O método de avaliação consiste na análise do desenvolvimento dos desafios propostos anteriormente. Esses desafios foram classificados entre sucesso e insucesso. A aplicação do MannaIno apresentou apenas casos de sucesso durante seu desenvolvimento, sendo que todas as equipes conseguiram encontrar uma solução e apresentá-la para toda a turma. Por outro lado, entende-se que esse método não é consistente para avaliar o desenvolvimento do aluno. Dessa forma, foi necessário um método mais preciso.

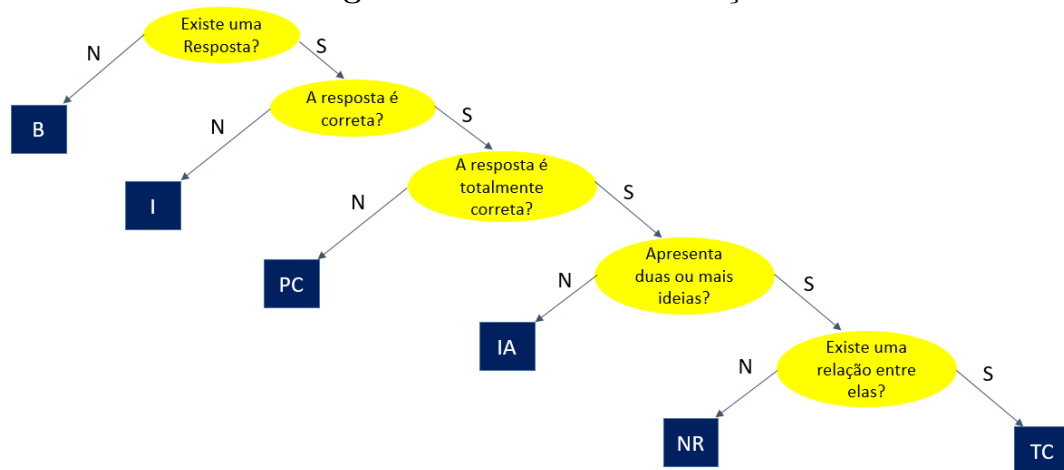
Para tornar essa aplicação coerente foi necessário atribuir valores para as respostas das perguntas individuais de cada aluna. Para complementar a atribuição de pontos classificou-se as respostas fornecidas de acordo com a taxonomia apresentada. A Tabela - 4.4 mostra a nomenclatura utilizada, sua descrição e o valor atribuído para cada análise de resposta.

Tabela 4.4: Tabela de respostas da taxonomia SOLO.

Nomenclatura	Descrição	Valor
<i>TC</i>	Totalmente Correta	5 pontos
<i>NR</i>	Não Existe uma Relação de ideias	4 pontos
<i>IA</i>	Ideia Apresentada	3 pontos
<i>PC</i>	Solução Parcialmente Correta	2 pontos
<i>I</i>	Ideia Incorreta	1 ponto
<i>B</i>	Resposta em Branco	0 pontos

Fonte: Autoria própria.

A tabela auxilia na atribuição de pontos para as respostas, porém não apresenta claramente um fluxo a ser seguido sobre a corretude e validação das mesmas. Pensando nisso, foi necessário construir uma árvore de avaliação, que consiste de algumas perguntas que guiam o fluxo da mesma. Nessa árvore cada círculo corresponde à uma pergunta, direcionando para uma próxima pergunta ou à uma atribuição de pontos. Cada pergunta pode ser respondida apenas com "Sim" ou "Não". As setas guiam o fluxo da árvore enquanto os quadrados finalizam a árvore com a atribuição desses pontos. A Figura - 4.2 apresenta essa árvore.

Figura 4.2: Árvore de Avaliação.

Fonte: Autoria própria.

Para realizar a avaliação das respostas é necessário seguir o fluxo da árvore verificando as perguntas nela. Ao analisar a resposta do aluno é necessário questionar se "Existe uma resposta?". Caso o aluno tenha deixado em branco, a árvore é encerrada e o aluno recebe um total de 0 pontos. Caso exista uma resposta, faz-se outra pergunta: "A resposta é correta?". Se o aluno realizou a tentativa de responder, porém sem sucesso, é atribuída

uma resposta incorreta, totalizando 1 ponto. Se a resposta estiver pouco correta, a árvore vai para a pergunta seguinte. O próximo questionamento se refere "A resposta é totalmente correta?", dessa forma, caso exista uma resposta que não esteja totalmente correta, o aluno recebe os pontos de uma questão parcialmente correta, por outro lado, se ela for completamente correta, deve-se analisar como o aluno chegou à essa conclusão. Isso nos leva a quantidade de ideias apresentadas e ao questionamento seguinte: "Apresenta duas ou mais ideias?". Caso seja apresentada mais de uma ideia para encontrar a resposta, a árvore segue seu fluxo, caso a ideia seja única e a argumentação sucinta, o aluno recebe os pontos referentes à ideia apresentada. O último questionamento dessa árvore é se "Existe uma relação entre elas?". Caso as ideias apresentadas tenham relação entre si, sendo que uma deduziu à outra, então o aluno recebe os pontos referentes à resposta totalmente correta, caso as ideias não se relacionem, recebe os pontos referentes à não existência de uma relação entre as ideias apresentadas.

A aplicação desse questionário SOLO ocorreu no último dia do curso, logo após a apresentação dos projetos finais. Esse questionário foi composto por 6 perguntas dissertativas e compartilhada via *Google Forms*. Esse questionário visa analisar o aprendizado do aluno e o seu domínio sobre o curso, além de relatar a experiência vivida no projeto final e analisar o desenvolvimento do pensamento do participante. A Tabela - 4.5 mostra as questões abordadas nesse questionário.

Tabela 4.5: Questões da Taxonomia SOLO.

Número	Questão
1	Explique com suas palavras tudo o que você souber sobre a plataforma Arduíno ou sobre a plataforma NodeMCU.
2	Defina o que é um algoritmo e dê um exemplo.
3	Explique com suas palavras tudo o que você souber sobre Internet das Coisas (IoT).
4	Pense em um problema do seu dia-a-dia que você pode solucionar utilizando Internet das Coisas. Qual é o problema? Quais plataformas de hardware, sensores e/ou atuadores são necessários? Como a aplicação funciona? (IoT).
5	O que achou do desenvolvimento do projeto final em dupla? Quais foram as dificuldades?
6	O que você achou do curso? Tem alguma sugestão ou comentário?

Fonte: Autoria própria.

Metodologia Experimental

Este capítulo apresenta os resultados conceituais e práticos de um projeto europeu que explorou, concebeu e analisou iterativamente atividades de ensino e aprendizagem educacionais inovadoras para a formação de competências de tomada de decisão. Seguindo uma abordagem de pesquisa baseada em *desing*, incluindo análises quantitativas e qualitativas, as quatro dimensões do VUCA foram categorizadas, as habilidades de decisão relevantes foram definidas, e atividades para treinar habilidades de decisão foram testadas e avaliadas.

5.1 Seleção de Metodologias Ativas

Para que a metodologia experimental ocorresse, foi necessário realizar um período de estudo sobre formas de aplicações inovadoras do ensino tecnológico. Dessa forma, encontrou-se nas metodologias ativas a melhor forma de aplicar à esse trabalho. Após o período de estudo dessas metodologias ativas, algumas foram encontradas e mencionadas no capítulo 2.8. Porém, dentre todas elas, apenas algumas foram escolhidas. Essa escolha foi mensurada de acordo com a análise de aplicabilidade dentro dos projetos MannaVolt e MannaIno. As escolhas para esse trabalho serão justificadas a seguir.

A primeira metodologia ativa mencionada nesse trabalho é a cultura maker. Entende-se que essa cultura reflete todo o caráter de atividade proposto por esse trabalho e que inclui a formação do cidadão 5.0. Considerando as habilidades desenvolvidas por esse cidadão e o que esperar da educação 5.0, a cultura do "faça você mesmo" é o que faz com que o aluno "ponha a mão na massa". Sendo assim, atende aos propósitos construcionistas dos kits e por isso foi selecionada.

Outra metodologia ativa encontrada na literatura foi a dividir para conquistar. Essa metodologia trata-se de problemas propostos que são relativamente grandes e, dividindo-o em subproblemas (problemas menores) e resolvendo-os, alcança-se o objetivo final. Durante a aplicação dos kits de forma lúdica, o trabalho ensina o passo-a-passo da montagem dos kits até seu entendimento final, dessa forma o problema macro foi subdividido e resolvido aula a aula pelos alunos. Ao fim das aulas, a montagem dos kits é completa. Portanto, a metodologia ativa dividir para conquistar também foi selecionada.

A aprendizagem baseada em problemas consiste em apresentar problemas para os alunos e, por meio dos mesmos, desenvolverem uma solução para esses problemas. Essa metodologia estimula o pensamento computacional e crítico do aluno, levando-os a refletir seu aprendizado à solução do desafio abordado. Essa abordagem também foi selecionada e pode ser visto nos desafios práticos propostos pelo MannaIno.

Também foi apresentado no capítulo 2.8.4 a sala de aula invertida. A sala de aula invertida tem como objetivo fugir do padrão de ensino um-para-muitos e tornar-se o padrão muitos-para-muitos. Nela o aluno faz uso de seus estudos em seu próprio tempo hábil previamente e em seguida ele é apresentado ao conteúdo por meio do professor. Para este trabalho, apesar da apostila e atividades ficarem disponíveis para o aluno, não entende-se que a mesma seria efetiva na utilização. Da mesma forma que os alunos despertam curiosidade na montagem dos kits, o medo de fazer algo errado e estragá-los é grande. Dessa forma, preferiu-se não adotar essa metodologia ativa.

O estudo de caso foi uma das metodologias ativas mencionadas nesse trabalho. Nela o aluno é apresentado à um problema real que é chamado de "caso". Entende-se que essa metodologia ativa pode ser melhor desfrutada se trabalhada em pares ou equipes. Apesar da quantidade de kits ser limitada, entende-se que ela é semelhante a aprendizagem baseada em problemas. Dessa forma, ela também foi selecionada.

Outra metodologia ativa apresentada no capítulo 2.8.6 é a gamificação. A gamificação é feita para o aluno ser apresentado à desafios por meio de jogos. Apesar do grupo Manna ter uma vertente de pesquisa voltada aos jogos e a gamificação, não encontrou-se algo aplicável para o conceito dos kits MannaVolt e MannaIno. Dessa forma, este trabalho não faz uso da mesma.

As duas últimas metodologias apresentadas foram a aprendizagem baseada em times e a aprendizagem baseada em pares. Existem diversas formas de aplicar essas metodologias mesmo com as dificuldades encontradas pela quantidade limitada de kits e ao distanciamento feito pela pandemia de Covid-19, encontrou-se uma forma de se trabalhar em meio remoto. Isso pode ser verificado durante a aplicação do MannaVolt e MannaIno. Portanto, essas metodologias foram selecionadas.

Em resumo, as metodologias ativas que foram selecionadas e aplicadas nesse trabalho são: Cultura Maker, Dividir para Conquistar, Aprendizagem Baseada em Problemas, Estudo de Caso, Aprendizagem em equipes e em pares.

5.2 Aplicação

Para o desenvolvimento da metodologia experimental dessa abordagem, foi necessário estabelecer algumas etapas as quais seriam seguidas para que contemplassem as duas vivências. Tanto o MannaVolt quanto o MannaIno necessitam de um recrutamento de pessoas, do desenvolvimento de atividades propostas e a forma de aplicação do trabalho de cada experiência.

Durante o desenvolvimento do trabalho, muito pensou-se sobre a construção da equipe. Buscou-se encontrar pessoas capacitadas para que pudessem ministrar os respectivos cursos. Da mesma forma, foi preciso definir um público alvo e que atenda uma forma inovadora de ensino. Durante o processo foi necessário estruturar uma equipe de participantes.

O objetivo inicial para a construção da equipe foi o de encontrar pessoas dispostas a ajudar e ensinar no processo educacional proposto neste trabalho. Essas pessoas devem possuir um conhecimento prévio em áreas como eletrônica, elétrica ou computação. Esse conhecimento não baseia-se apenas na teoria mas também na prática, pois dessa forma o selecionado pode atuar como instrutor atendendo o princípio da cultura maker. O instrutor então deve possuir um conhecimento na montagem de circuitos eletrônicos e/ou Arduíno. Os perfis desses instrutores foram encontrados no Grupo Manna de Engenharia de Computação Invísel, sendo esses instrutores alunos de graduação ou pós-graduação dos cursos de Ciência da Computação e Engenharias no geral. Destaca-se que os instrutores são oriundos de universidades públicas pelo estado do Paraná, tais como Universidade Estadual de Maringá e Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

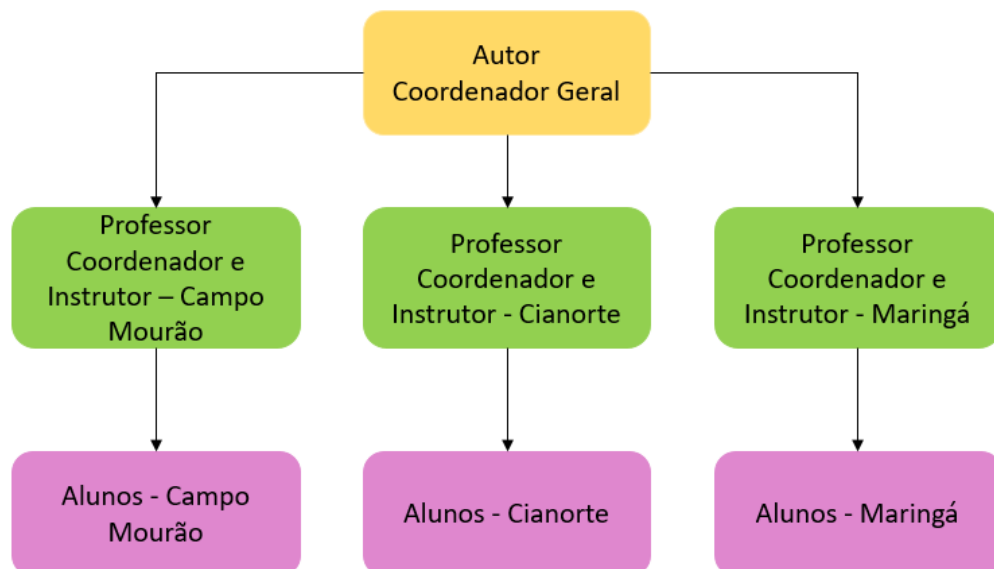
Após encontrar pessoas capacitadas para serem os instrutores foi necessário selecionar o público alvo. Entendendo que cada aplicação deriva de um grau de dificuldade diferente, necessita-se então de uma estrutura que forneça aplicação em qualquer uma das vivências selecionadas como estudo de caso. A princípio o grupo selecionado para o MannaVolt foi o de jovens entre 11 e 17 anos, que frequentam o ensino fundamental e ensino médio da educação brasileira. Para o MannaIno foram selecionados alunos do ensino superior de instituições públicas, atendendo a filosofia do desenvolvimento desse trabalho, pois entende-se que o conteúdo exige um embasamento matemático e lógico maior do que o proposto anteriormente pelo MannaVolt. Esses alunos interessados em participar são

dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Informática da Universidade Estadual de Maringá. Para o MannaIno, as idades dos participantes variaram entre 18 e 21 anos.

A aplicação da metodologia experimental permitiu um compartilhamento de informação no mesmo tempo e espaço, e graças a isso foi possível desenvolver o trabalho em 3 cidades diferentes durante a aplicação do MannaVolt e 5 cidades diferentes durante a aplicação do MannaIno. O MannaVolt contemplou as cidades de Campo Mourão, Cianorte e Maringá e pôde ser efetuado dentro dos colégios: Colégio Estadual Professora Ivone Soares Castanharo - Campo Mourão; Colégio Estadual Itacelina Bittencourt - Cianorte; Colégio de Aplicação Pedagógica (CAP) - UEM e Instituto de Educação Estadual de Maringá - Maringá. O MannaIno pôde ser aplicado nas cidades de Assaí, Cianorte, Loanda, Mandaguari e Maringá.

Para estabelecer um contato com os participantes, contemplando a formação da equipe, selecionou-se professores mediadores para as atividades a serem desenvolvidas. Esse professor foi responsável por apresentar os alunos aos instrutores e repassar comunicados gerais. Esse professor também foi responsável por receber e repassar os kits para os alunos, garantido que os mesmos fossem recebidos. De uma forma geral, esse professor completa o time como Coordenador.

Figura 5.1: Exemplo de estrutura a ser aplicada em qualquer caso de estudo.



Fonte: Autoria própria.

A Figura - 5.1 mostra um exemplo de como a equipe pode ser formada. Portanto, a equipe é composta pelos alunos interessados em participar do projeto, um instrutor

com conhecimento suficiente para aplicação dos projetos, um coordenador responsável por encontrar alunos e repassar recados gerais e o autor desse trabalho como coordenador geral.

Para o desenvolvimento das atividades o MannaVolt dispunha de 5 kits, enquanto o MannaIno dispunha 10 kits. O MannaVolt foi aplicado em duas etapas com 10 participantes e dentre eles, 4 moravam de Campo Mourão, 5 em Cianorte e 1 de Maringá. O MannaIno foi aplicado uma única vez com 10 meninas. O número de interessados em participar do projeto foi maior que 10, portanto, a aplicação até o desenvolvimento desse trabalho, ocorreu com 10 estudantes, sendo os próximos alunos atendidos em uma outra aplicação futura. O critério para escolha das 10 participantes foi o de logística de entrega. Optou-se em um primeiro momento de oportunizar os residentes na cidade de Maringá. Feito isso, verificou-se as cidades mais próximas, onde seria possível por meio de amigos ou familiares dos participantes enviar o kit aos mesmos. Vale destacar que várias alunas tiveram aulas de circuitos elétricos, porém, nunca manusearam um circuito real, trabalhando apenas com simulações online, dessa forma o MannaIno serviu como primeira experiência prática real para essas alunas.

Após o recrutamento dos participantes da MannaKDT, foi necessário realizar a montagem prática do MannaVolt e do MannaIno. Inicialmente, será explicado como ocorreu esse desenvolvimento para o MannaVolt. Durante o desenvolvimento do curso, o grupo Manna desenvolveu uma apostila para o ensino de eletrônica básica. Essa apostila foi verificada e, após algumas análises, foi necessário reformulá-la. Essa reformulação ocorreu pois, após os estudos realizados neste trabalho constatar que o público alvo da referida apostila não eram alunos da educação básica nacional. Foi necessário transformar uma apostila técnica em uma apostila imersiva e lúdica aos jovens que desfrutariam do curso.

A primeira alteração realizada foi na linguagem utilizada. Foi verificado que a linguagem escolhida não estava adaptada à alunos do ensino básico, com muitos termos técnicos e conhecimentos avançados de eletrônica. Dessa forma, foi necessário realizar uma alteração na abordagem para que fosse compreensível ao aluno mais jovem. Em seguida, foi incluso a identidade visual desenvolvida nesse trabalho, dentro da apostila e dos kits. Para isso, foram espalhadas imagens de planetas, astronautas e outros itens que fazem o aluno sentir-se parte da tripulação e à vontade durante os estudos. Essa identidade visual também corresponde aos adesivos que foram enviados nas maletas.

Já com a apostila alterada e adequada devidamente aos propósitos deste trabalho, foi necessário organizar as aulas e os conteúdos a serem abordados. Para realizar esse alinhamento, ocorreu uma reunião com os instrutores e, após um *brainstorm*, chegou-se a

conclusão de que o curso deveria ser dividido em oito temas específicos sobre eletrônica, sendo eles:

- **Aula 1** - Introdução ao MannaVolt e Cargas Elétricas.
- **Aula 2** - Campo Elétrico e Corrente Elétrica.
- **Aula 3** - Componentes Eletrônicos.
- **Aula 4** - Multímetro.
- **Aula 5** - Circuitos Elétricos - Parte 1.
- **Aula 6** - Circuitos Elétricos - Parte 2.
- **Aula 7** - Potência.
- **Aula 8** - Energia Elétrica.

Para atender ao método inovador proposto nesse trabalho e que atenda as necessidades de ensinar em meio à uma pandemia, foi necessário pensar em uma forma de que os alunos participantes pudessem aprender sem estar presentes em uma sala de aula (da forma tradicional). Então, o passo seguinte foi pedir para as instrutoras gravarem vídeo-aulas curtos com os conteúdos dispostos nos tópicos anteriores. Essas vídeo-aulas mostram as explicações do conteúdo de uma forma resumida, a resolução de exercícios e o desenvolvimento de experimentos utilizando o kit eletrônico.

Com o kit em mãos as instrutoras realizavam os experimentos e mostravam as peças e componentes, além da forma correta de utilizá-lo para que não ocorresse um curto circuito. Esse vídeos foram gravados por elas em suas próprias casas e com suas próprias ferramentas. Após realizada a gravação, foi realizada a edição dos vídeos, incluindo uma vinheta e os cortes gerais para que o vídeo pudesse ser apresentável para os alunos participantes.

O próximo passo foi estabelecer como encontrar esses alunos remotamente. Para esse método utilizou-se de uma ferramenta do *Google* chamada *Google Meet*, que permite a realização de reuniões online entre professor e aluno. Os instrutores se reuniram duas vezes por semana com os alunos, acompanhavam explicações pela apostila e assistiam às vídeo-aulas tentando representar os exemplos propostos. Em seguida, eram realizados alguns exercícios e desafios com o acompanhamento do instrutor.

Durante essas chamadas de vídeos, como dito anteriormente, ocorriam a montagem prática do circuito eletrônico. Tomando os devidos cuidados, os instrutores reforçavam o

desenvolvimento da prática e auxiliavam nas instruções para que o circuito funcionasse. Tudo isso, era transmitido pelas câmeras do aluno e do professor, sendo possível assim, que o instrutor pudesse ver os passos e os procedimentos que o aluno estava seguindo.

Para que o aluno pudesse tirar suas dúvidas, o instrutor estava sempre disposto via e-mail para esclarecimento de dúvidas. Por outro lado, haviam dias em que alguns participantes não podiam participar, dessa forma, gravaram-se alguns encontros pela plataforma do *Google* e disponibilizou-se para àqueles que não compareceram. Também foi criado um canal de comunicação e troca de mensagens para que os alunos enviassem suas dúvidas.

Da mesma forma que o desenvolvimento das atividades foi feito para o MannaVolt, também foi necessária realizar o desenvolvimento para o MannaIno. A aplicação do MannaIno consistiu em desenvolver as atividades a serem tratadas e a quantidade de encontros selecionados. Para isso foi necessário realizar alguns encontros com o instrutor e verificar qual seria a melhor forma de trabalhar. Préviamente montou-se um cronograma de atividades a serem seguidas para o êxito do trabalho. Como já apresentado anteriormente, foi necessário escolher as candidatas que iriam participar do MannaIno. Feito isso, precisa-se estabelecer um horário em comum entre todas as participantes. Para isso será realizado um questionário apresentando alguns possíveis horários e as participantes devem selecioná-los dentre as opções, sendo possível escolher mais de uma opção de horário. Esses horários variavam entre os contra-turnos e intervalos de horários de permuta, pois alguns cursos são em período integral e outros no período noturno. Dessa forma, os horários disponíveis entre todas foi entre às 18:00hrs e as 19:30hrs.

Após os horários serem selecionados, foi necessário pedir para que as participantes enviassem um formulário com as respostas, tais quais continham informações como nome, idade, curso, período disponível e o resultado de seu questionário VARK, que será explicado nas próximas seções. Ainda nesse questionário também foi pedido para ser anexado um termo livre de consentimento esclarecido (TCLE) que autoriza o uso de imagem e o aceite em participação do referido curso.

Em seguida foi enviado às participantes um e-mail de boas vindas, já que aceitaram participar do projeto com termos de aceite entregues. Nesse e-mail continha informações sobre o curso e o aviso de que os kits seriam entregue dentro dos próximos dias. Após o envio e recebimento dos kits e o preenchimento dos testes preliminares do VARK, ocorreria então a aplicação do curso embasado nas datas disponíveis pelas alunas no questionário anterior. Após o desenvolvimento do curso ocorreu a aplicação de um projeto final e a aplicação dos pós-testes. Por fim, uma coleta de *feedbacks* das participantes para que as próximas aplicações sejam sempre aprimoradas.

Para o desenrolar da atividade foi necessário desenvolver um material que trata dos assuntos abordados no curso. Nesse material foi inclusa toda a identidade visual criada nesse trabalho para que seja despertada a atenção do aluno. Esse material também consiste em aulas e temas com os conteúdos que serão abordados. A seleção e o desenvolvimento desses temas foi criado juntamente com o instrutor do curso. Os temas e conteúdos abordados nas aulas foram:

- **Aula 01** - Introdução.
- **Aula 02** - Fundamentos de Algoritmos.
- **Aula 03** - Desafios I e II.
- **Aula 04** - Desafios III e IV.
- **Aula 05** - Desafio V, IoT e distribuição de projetos.
- **Aula 06** - Aula extra para dúvidas.
- **Aula 07** - Apresentação dos projetos.

Por meio da definição dessas aulas elaborou-se paralelamente o material para a aplicação do MannaIno. Esse material consiste do planejamento da sequência do curso e o fluxo que ele tomará, tudo isso feito em forma de slide. Logo no início há uma recepção aos alunos apresentando o material e explicando cada item contido dentro do kit, como os adesivos, componentes, sensores e placas. Juntamente com essa apresentação dos itens o aluno pode conferir se os itens de seu kit estão de acordo com o apresentado e caso algo esteja em falta, deverá ser imediatamente comunicado.

O passo seguinte foi o de combinar com as alunas a forma de encontrá-las e como as aulas seriam ofertadas. Optou-se por seguir o mesmo padrão utilizado no MannaVolt e que atende as diretrizes desse trabalho, aceitando o desafio de ensinar remotamente durante a pandemia. Dessa forma, para o MannaIno, também utilizou-se o *Google Meet*. Vale destacar que, durante as aulas ocorre a montagem dos circuitos na prática e em tempo real. Para as alunas que não puderam comparecer às aulas, todos os encontros foram gravados e disponibilizados em uma pasta em outra ferramenta do *Google* chamada *Google Drive*, para que pudessem ser estudados posteriormente à sua ausência.

Por fim, caso necessário, o instrutor estava sempre disponível para eventuais dúvidas e problemas com as montagens de circuitos.

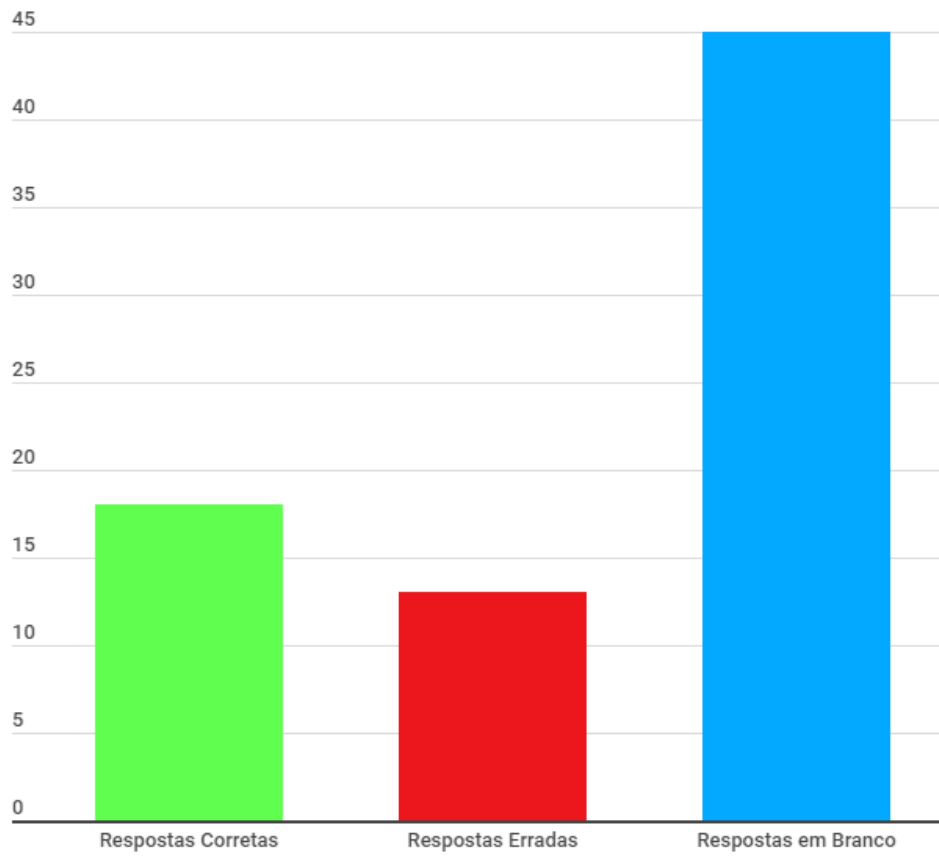
Resultados

Os resultados apresentados nessa seção são de aplicações que ocorreram entre os anos de 2021 e 2022. Em cada uma dessas aplicações foi desenvolvido um trabalho com o MannaIno e MannaVolt, e trabalhou com alunos entre 11 e 21 anos. A análise dos resultados ocorre de acordo com os pré e pós-testes desenvolvidos nesse trabalho.

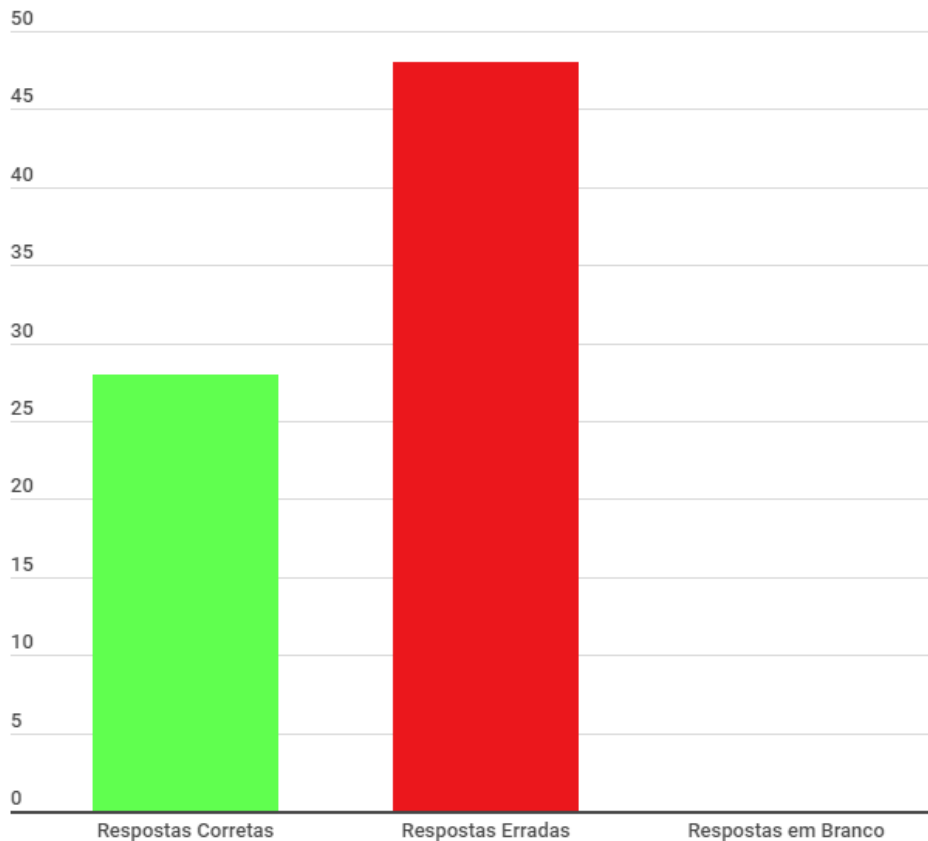
6.1 Resultados da Primeira Aplicação

Como informado anteriormente, a aplicação foi realizada em duas turmas distintas em cada cidade devido a quantidade limitada de kits impressos. Dessa forma, os primeiros dados analisados serão dessa primeira aplicação. O primeiro teste aplicado foi o teste de pensamento crítico de Cornell (Nível X), que mede a capacidade do pensamento crítico do aluno antes do trabalho realizado com o MannaVolt. A primeira análise foi feita conforme os dados obtidos na cidade de Campo Mourão, onde a primeira etapa da aplicação foi realizada com duas alunas, a primeira será denominada como A1-CM e segunda como A2-CM.

Figura 6.1: Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A1-CM.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6.2: Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A2-CM.

Fonte: Autoria própria.

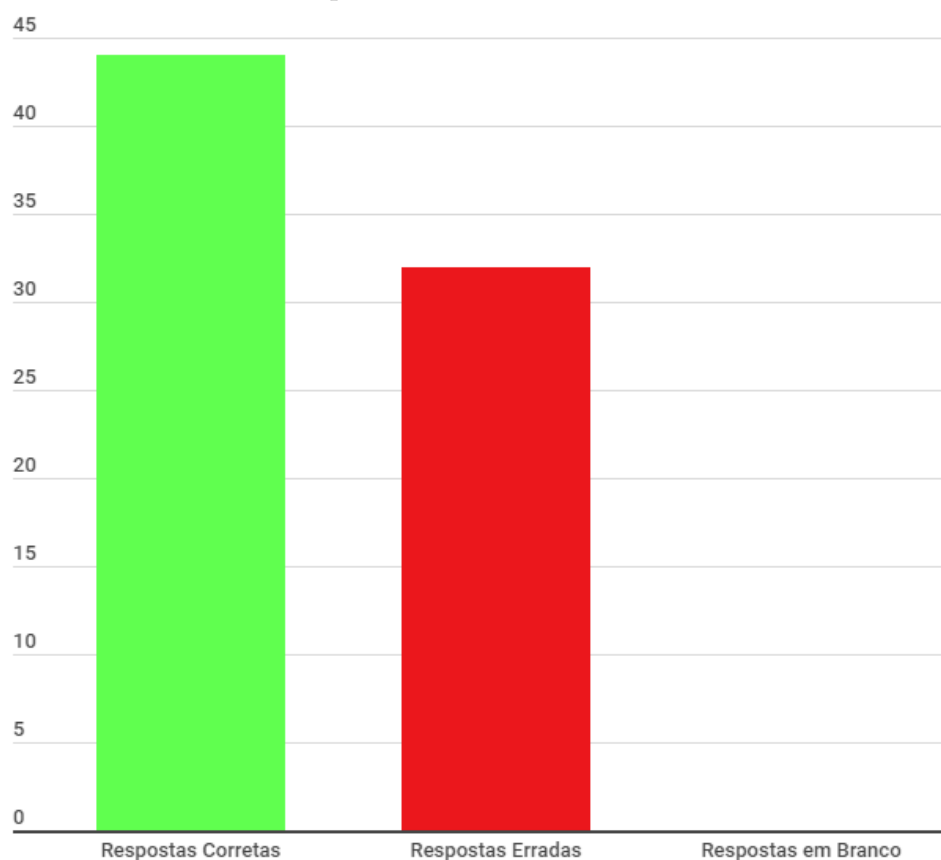
No gráfico da Figura - 6.1 temos as respostas da aluna A1-CM. Podemos observar que ela não respondeu todas as questões propostas. Das 76 questões apresentadas verificamos que 45 delas não foram respondidas, o que corresponde a aproximadamente 59% do teste. Isso mostra que o pensamento crítico da aluna ainda não havia sido desenvolvido ou não estava tão aguçado, fazendo com que algumas respostas ainda fossem muito vagas para preenchimento das demais questões. Mesmo com toda essa incerteza, a aluna ainda obteve 18 acertos e 13 erros, totalizando 24% e 17% respectivamente. Por outro lado a aluna A2-CM respondeu todas as questões e a Figura - 6.2 trás essas informações. Também é possível analisar que, apesar da aluna ter respondido à todas as questões, houveram muito mais erros que acertos. A porcentagem de acertos é de 37% enquanto a de erros é de 63%.

O segundo teste aplicado foi o relacionado à taxonomia de Bloom. Nele todas as respostas foram respondidas destacando que as perguntas mais técnicas foram respondidas de forma mais técnica. Outras perguntas que envolvem o pensamento crítico, questionando-as sobre a veracidade do que lhes foi ensinado, foram respondidas de forma

vaga, sem nenhuma análise crítica, como por exemplo: *"Sim, tudo o que aprendi foi verdade."* ou *"Nunca me questioneei se o que aprendi faz sentido."*

Na cidade de Cianorte os dados coletados nos trazem informações diferentes. Na primeira aplicação da cidade participaram três alunas. Entre elas houve um revezamento de kit para que todas pudessem participar e praticar, sendo que duas delas optaram por realizar as atividades juntas (não os testes, apenas as atividades). Para a cidade de Cianorte as alunas serão denominadas como A1-CIA, A2-CIA e A3-CIA. A aplicação do primeiro teste traz dados interessantes. Os acertos em todas as alunas foi acima de 55% e todas as respostas foram respondidas. A aluna A1-CIA e a aluna A3-CIA obtiveram os mesmos resultados, acertando 45 questões e errando 31. A aluna A2-CIA acertou 42 questões e errou as outras 34. Como os dados foram semelhantes, na Figura - 6.3 será apresentado a média dos acertos das 3 alunas.

Figura 6.3: Análise de Respostas Pré-Teste das alunas da cidade de Cianorte.



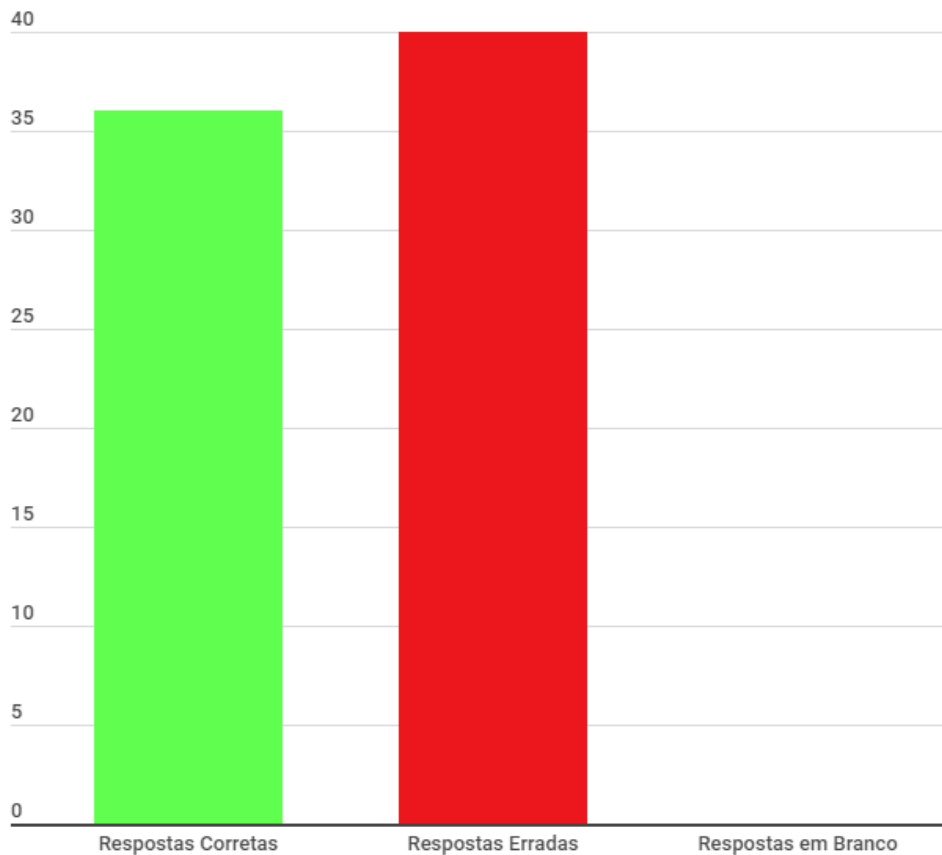
Fonte: Autoria própria.

Na aplicação do teste da Taxonomia de Bloom algumas alunas responderam o teste de forma sucinta, com vários "sins" e "nãos". Algumas das questões nesse primeiro momento

também não foram respondidas. Aqui temos mais um indício da falta de pensamento crítico dos alunos antes do trabalho desenvolvido e de conhecimento sobre o assunto a ser estudado.

Por fim, para a cidade de Maringá foi aplicado o teste apenas com uma aluna. O pré-teste de Cornell dessa aluna apresentou resultados satisfatórios. Ela respondeu a todas as perguntas do teste, acertando 36 questões e errando outras 40. Isso corresponde à aproximadamente 47% dos acertos e 53% dos erros. Isso pode ser analisado no gráfico da Figura - 6.4 e a aluna será chamada de A1-MGA.

Figura 6.4: Análise de Respostas Pré-Teste da aluna A1-MGA.



Fonte: Autoria própria.

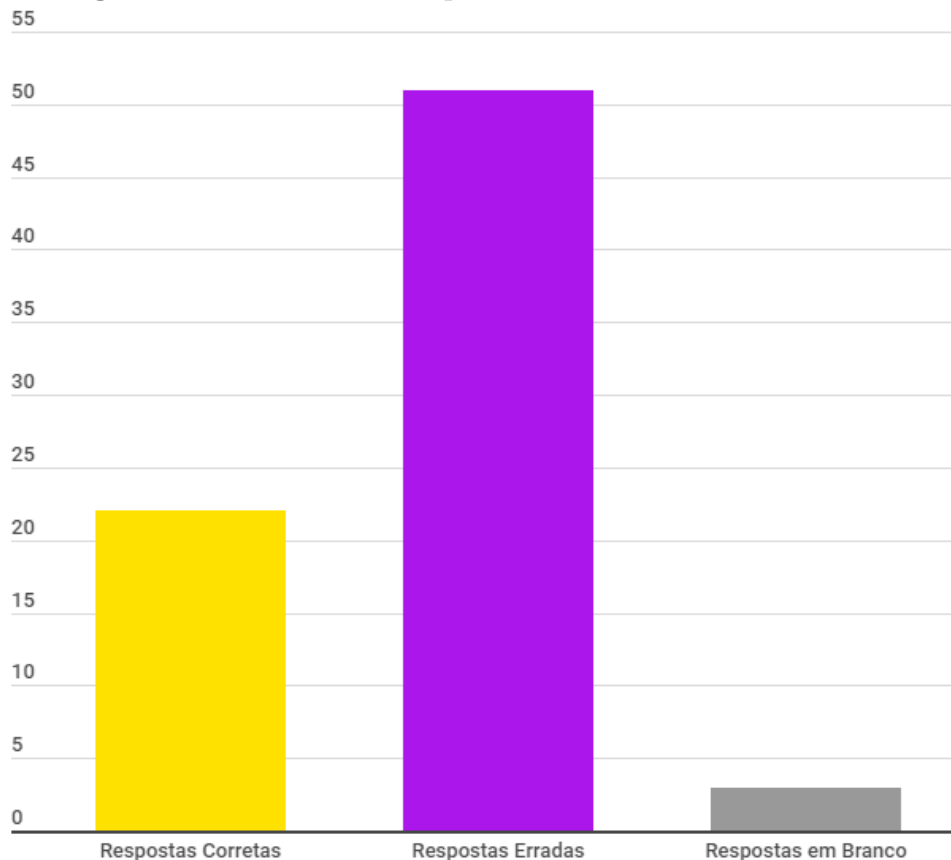
Já o segundo teste aplicado na cidade de Maringá apresentou resultados semelhantes aos demais, onde a aluna expôs o que entende por corrente e circuito elétrico, deixando algumas respostas em branco e outras respostas sucintas e objetivas sobre os questionamentos.

Após o desenvolvimento das atividades pré-teste e das aulas, os alunos foram convidados então a fazer os testes novamente, concretizando o pós-teste. Aqui o resultado

esperado é que os alunos tenham uma desenvoltura melhor ao responder as questões objetivas e teóricas. A análise inicial do pós-teste ocorrerá na mesma sequência que o pré-teste: Campo Mourão, Cianorte e Maringá.

Em Campo Mourão ocorreram os resultados representados por uma diferença relevante se comparado ao pré-teste. A aluna A1-CM que havia deixado de responder mais da metade das questões anteriores, conseguiu responder a praticamente todas as questões. Em branco foram apenas 3 respostas totalizando aproximadamente 4% do teste. A quantidade de acertos subiu para 22 porém, a quantidade de erros também subiu, totalizando 51. Essa informação é interessante pois, com o pensamento crítico instigado durante o curso, a aluna conseguiu responder às questões que havia deixado em branco. Por outro lado, grande parte delas foi errada. Dessa forma é possível analisar que o curso realmente fez pensar em suas respostas. Todos esses dados podem ser averiguados na Figura - 6.5.

Figura 6.5: Análise de Respostas Pós-Teste da aluna A1-CM.



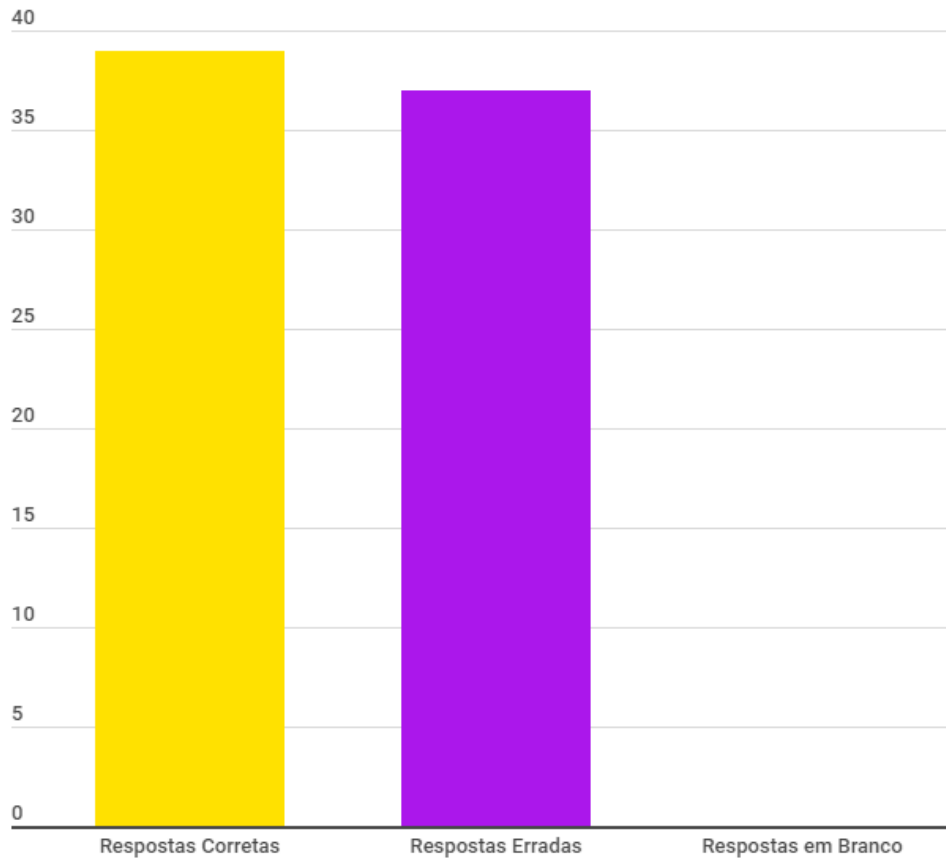
Fonte: Autoria própria.

O pós-teste de Ennis também apresentou um resultado interessante para a aluna. Pode-se perceber que a aluna desenvolveu melhor suas respostas básicas como por exemplo

sobre o sentido do que foi aprendido. A resposta foi a seguinte: *"Sim, por isso sempre pesquisei todo o conteúdo para aprender mais a fundo sobre o conteúdo."*

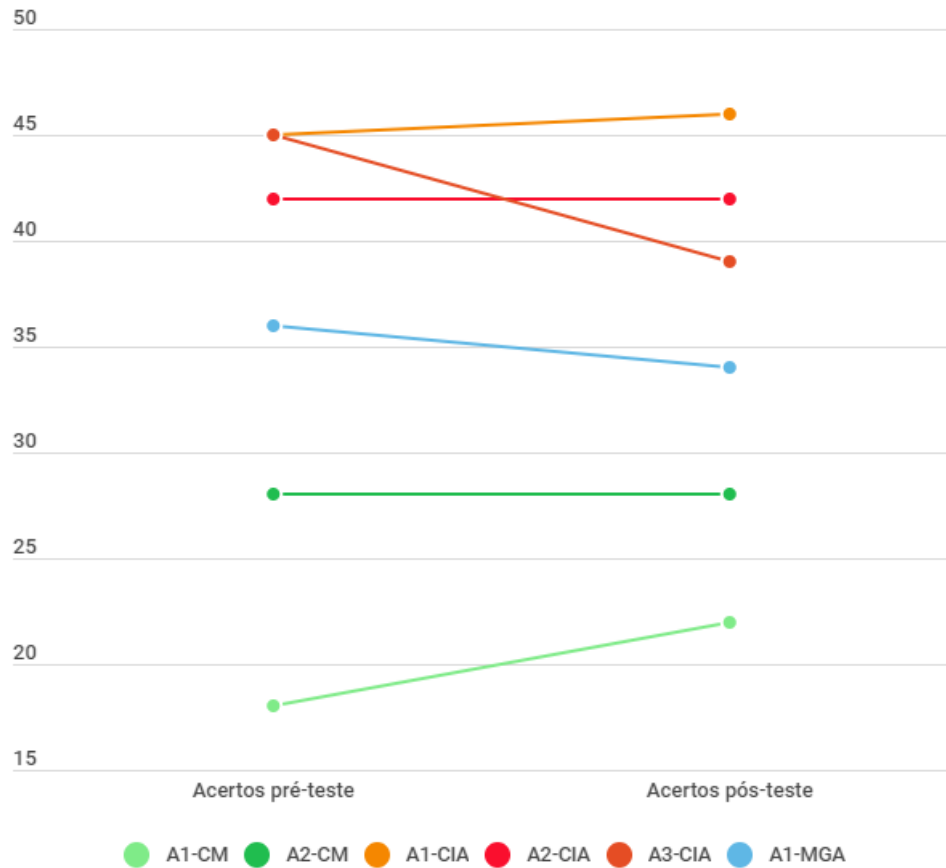
Por outro lado, aluno A2-CM obteve resultados curiosos. As respostas, tanto para o teste de Cornell quanto para o teste de Ennis não houveram muitas alterações. No teste de Cornell a quantidade de erros e de acertos foi a mesma, sendo 37% corretos e 53% errôneos. Sobre o teste de Ennis o mesmo não proporcionou diferenças significativas e as respostas foram praticamente iguais.

A aplicação realizada na cidade de Cianorte trouxe três resultados diferentes para as três alunas. A aluna A1-CIA acertou uma questão a mais do que no pré-teste, enquanto a aluna A2-CIA continuou com a mesma quantidade de acertos e erros. Por fim, a terceira aluna continuou com mais acertos do que erros, porém, errou mais questões que anteriormente, diminuindo seus acertos. Isso mostra que uma reflexão maior sobre as respostas a fez pensar criticamente sobre o teste. Como os resultados da aluna A1-CIA e A2-CIA foram semelhantes aos gráficos anteriores, apenas o gráfico da aluna A3-CIA será apresentado, visto que foi o único que teve uma mudança significativa. Essa mudança pode ser verificada na Figura - 6.6.

Figura 6.6: Análise de Respostas Pós-Teste da aluna A3-CIA.

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o pós-teste aplicado na cidade de Maringá também obteve um resultado diferente. A quantidade de acertos também diminuiu. A aluna A1-MGA que havia acertado 36 questões, agora acertou 34. Da mesma forma, a quantidade de erros aumentou, saindo de 40 e indo para 42. Isso nos leva a constatar que o pensamento crítico das alunas também influenciou nas respostas. Os resultados do pós-teste de Ennis foi semelhante, tanto para Maringá quanto para Cianorte. Algumas respostas foram mais elaboradas e outras menos elaborados. Dessa forma, pouca alteração foi constatada. A seguir, o gráfico da evolução das alunas por cidades sendo representado na Figura - 6.7.

Figura 6.7: Análise de acertos pré-teste e pós-teste.

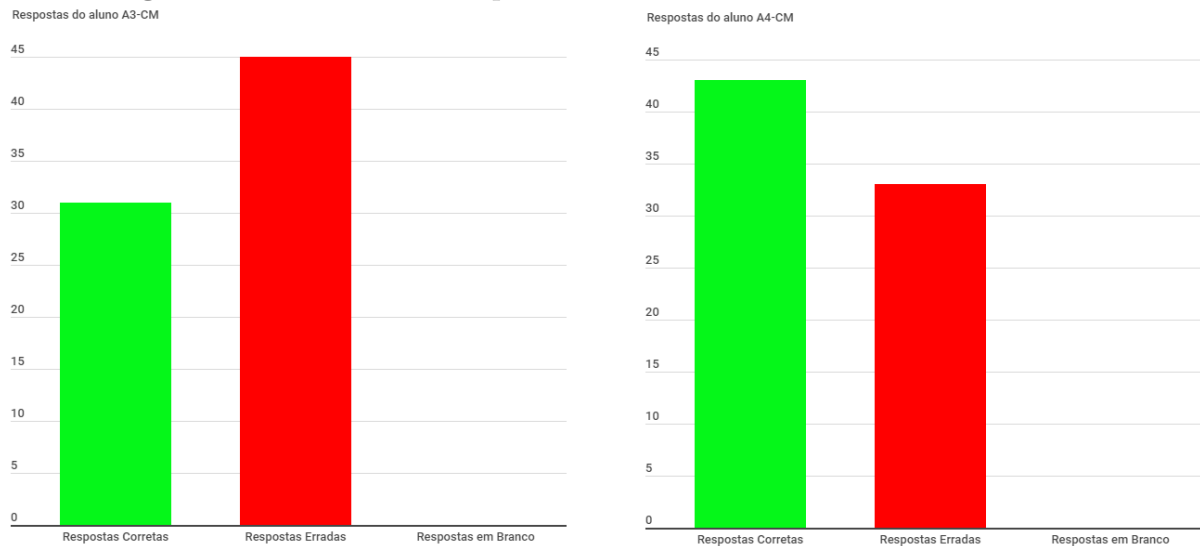
Fonte: Autoria própria.

A segunda aplicação ocorreu com novas turmas no ano de 2021 e em todas as cidades exceto na cidade de Maringá. Em Campo Mourão essa aplicação ocorreu com outras duas alunas, que serão denominadas respectivamente A3-CM e A4-CM. Em Cianorte com outros 3 alunos, que serão chamados de A4-CIA, A5-CIA e A6-CIA. Esta segunda aplicação conta então com 5 alunos no total de duas cidades. Vale ressaltar que os mesmos 5 kits da primeira aplicação estavam prontos para distribuição novamente.

Primeiramente, na cidade de Campo Mourão as duas alunas participantes responderam todas as questões. As respostas dos testes porém, foram bem diferentes. A aluna A3-CM acertou 31 questões e errou as outras 45, totalizando aproximadamente 41% de acertos. Esse resultado foi bem discrepante se comparado com o aluno A4-CM, que acertou 43 questões e errou as outras 33. O segundo aluno teve um total de aproximadamente 57% de aproveitamento. No geral a diferença pré-teste entre os alunos foi de 15%. O gráfico de acertos e erros de ambos os alunos pode ser visto na Figura - 6.8. Já, durante a aplicação do segundo teste percebeu-se que as respostas foram muito vagas, tais como: "Acontece"

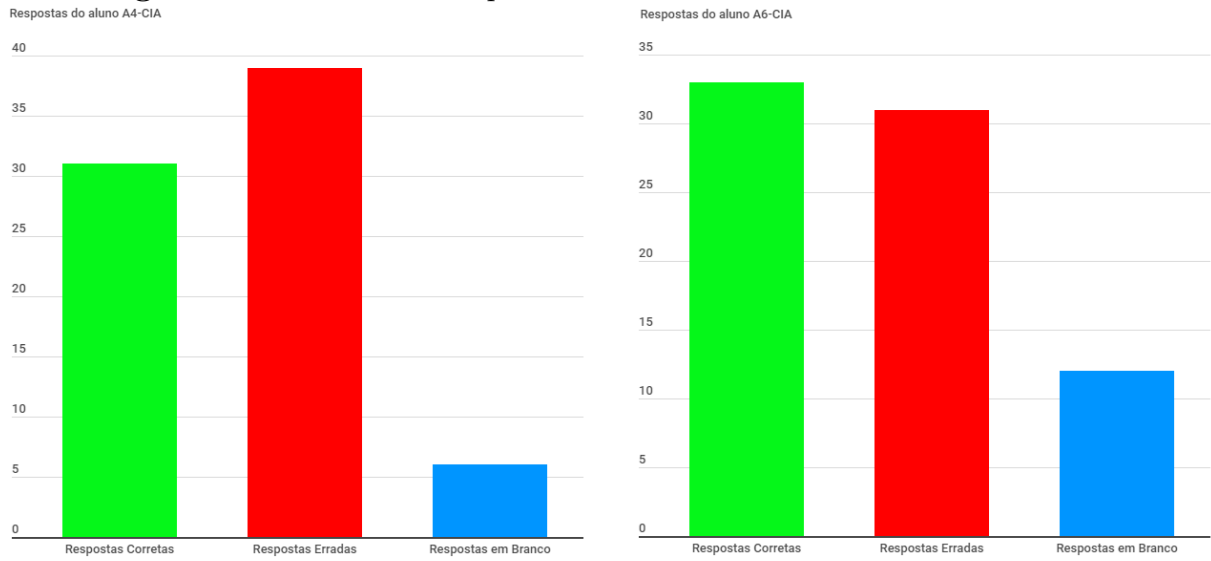
ou "Acredito que sim". Por outro lado o aluno A4-CM em todas as respostas respondeu apenas com duas respostas, que alternaram entre "Não aprendi esse conteúdo" e "Não sei".

Figura 6.8: Análise de Respostas Pré-teste dos alunos A3-CM e A4-CM.

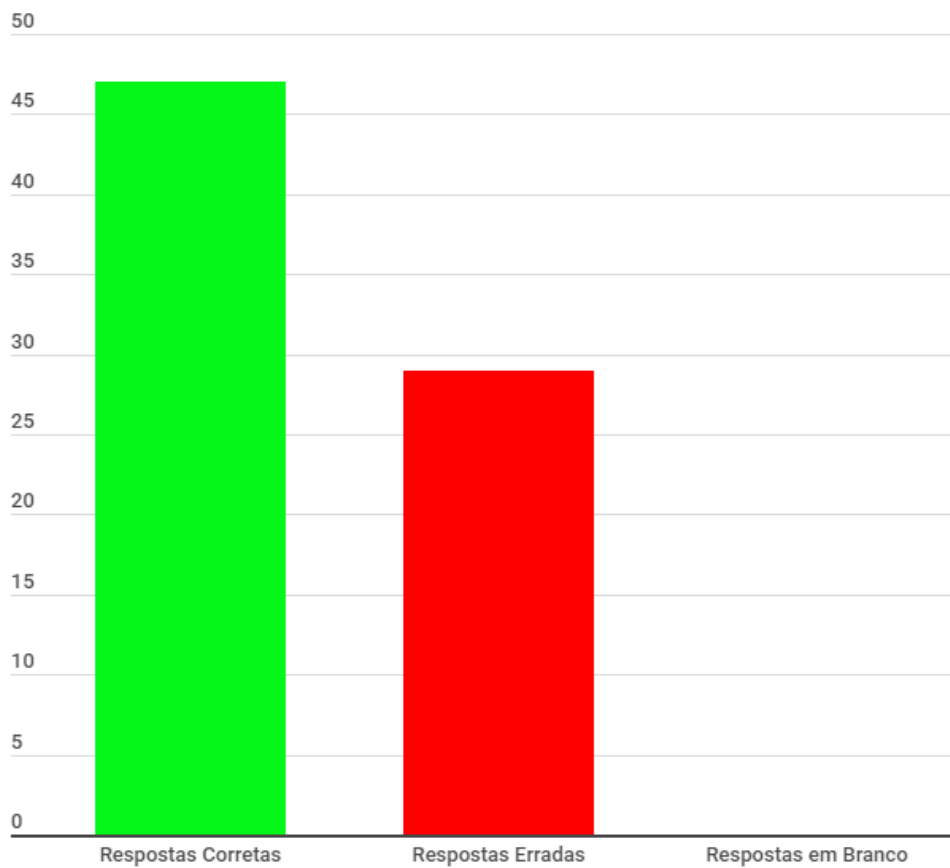


Fonte: Autoria própria.

A aplicação do pré-teste na cidade de Cianorte foi efetuada com três alunos. Nesse teste os alunos demonstraram muito interesse nos conteúdos. Esse interesse fez com que o MannaVolt fluísse naturalmente rápido. No pré-teste de Cornell o aluno A4-CIA acertou 31 questões, errou outras 39 e deixou 6 questões em branco, totalizando aproximadamente 41% de aproveitamento. O aluno A5-CIA obteve o melhor desempenho em todas as aplicações, acertando 47 questões e errando apenas 29. Dessa forma o aluno obteve em torno de 62% de aproveitamento. Por fim, o terceiro aluno teve resultados muito próximos do primeiro, com 33 acertos. O que chamou atenção foi que o aluno A6-CIA deixou 12 questões em branco. Os gráficos de respostas dos alunos pode ser vistos na Figura - 6.9 e na Figura - 6.10.

Figura 6.9: Análise de Respostas Pré-teste dos alunos A4-CIA e A6-CIA.

Fonte: Autoria própria.

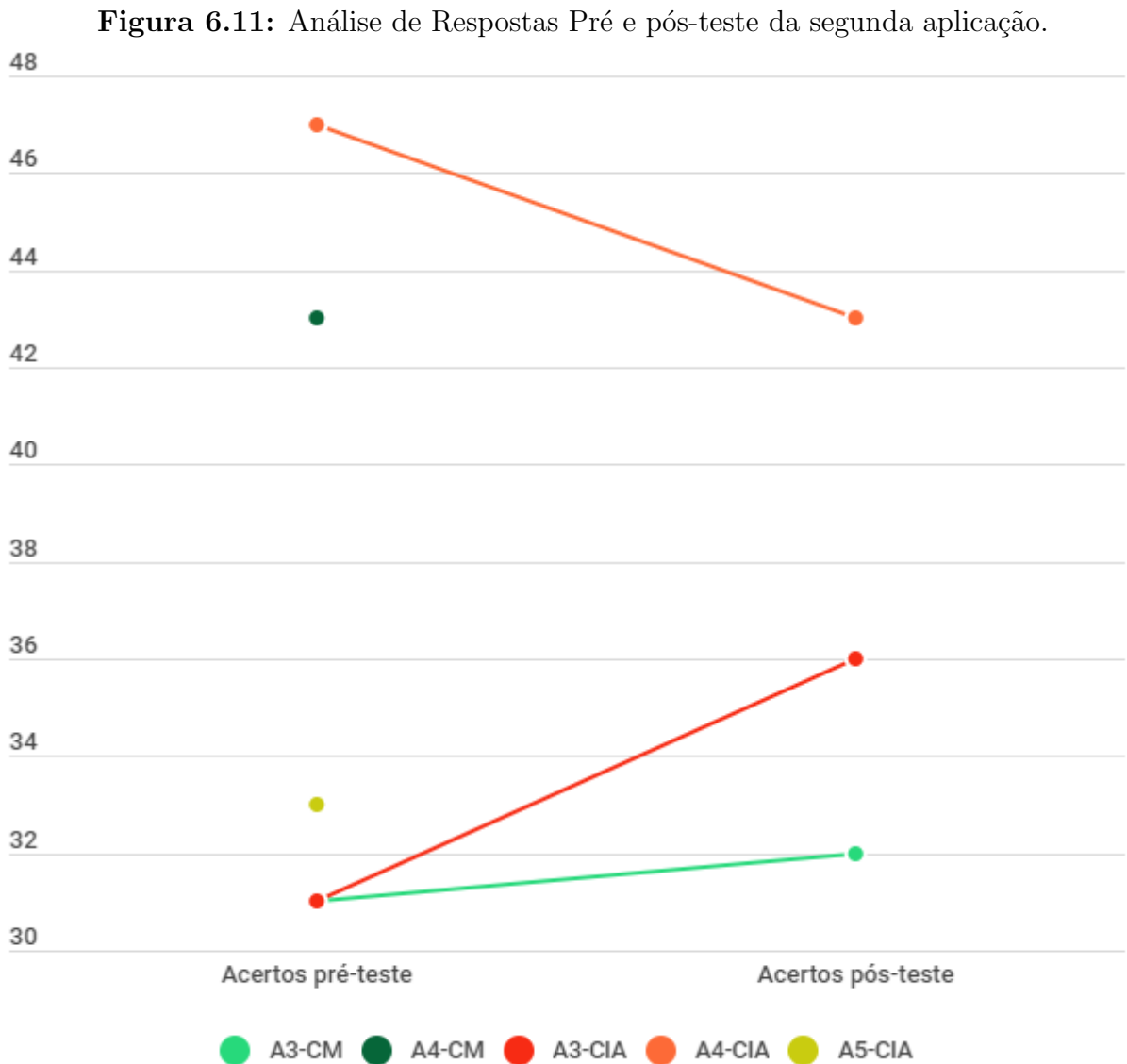
Figura 6.10: Análise de Respostas Pré-teste do aluno A5-CIA.

Fonte: Autoria própria.

Nas respostas do pré-teste de Ennis do aluno A4-CIA verificou-se que o mesmo realizou a tentativa de escrever uma resposta, formulando uma ideia sobre a resposta, porém a falta de conhecimento técnico sobre o assunto impediu-o de chegar à uma conclusão factível. O aluno A5-CIA respondeu apenas 2 das 13 questões, sendo que as respostas foram "Não sei". As demais foram deixadas em branco. Já o aluno A6-CIA teve respostas bem sucintas de, no máximo, três palavras. As respostas mais comuns foram "sims" e "nãos", demonstrando também a falta de conhecimento no assunto abordado no MannaVolt.

Durante o desenvolvimento do MannaVolt, dois participantes desistiram da continuidade das atividades alegando falta de interesse ou razões pessoais. Os participantes foram o A4-CM e o A6-CIA. Os resultados do pré-teste foram mantidos para análise e por esse motivo não foram descartados desse trabalho. Dessa forma, Campo Mourão passou a ter apenas um participante e Cianorte apenas dois.

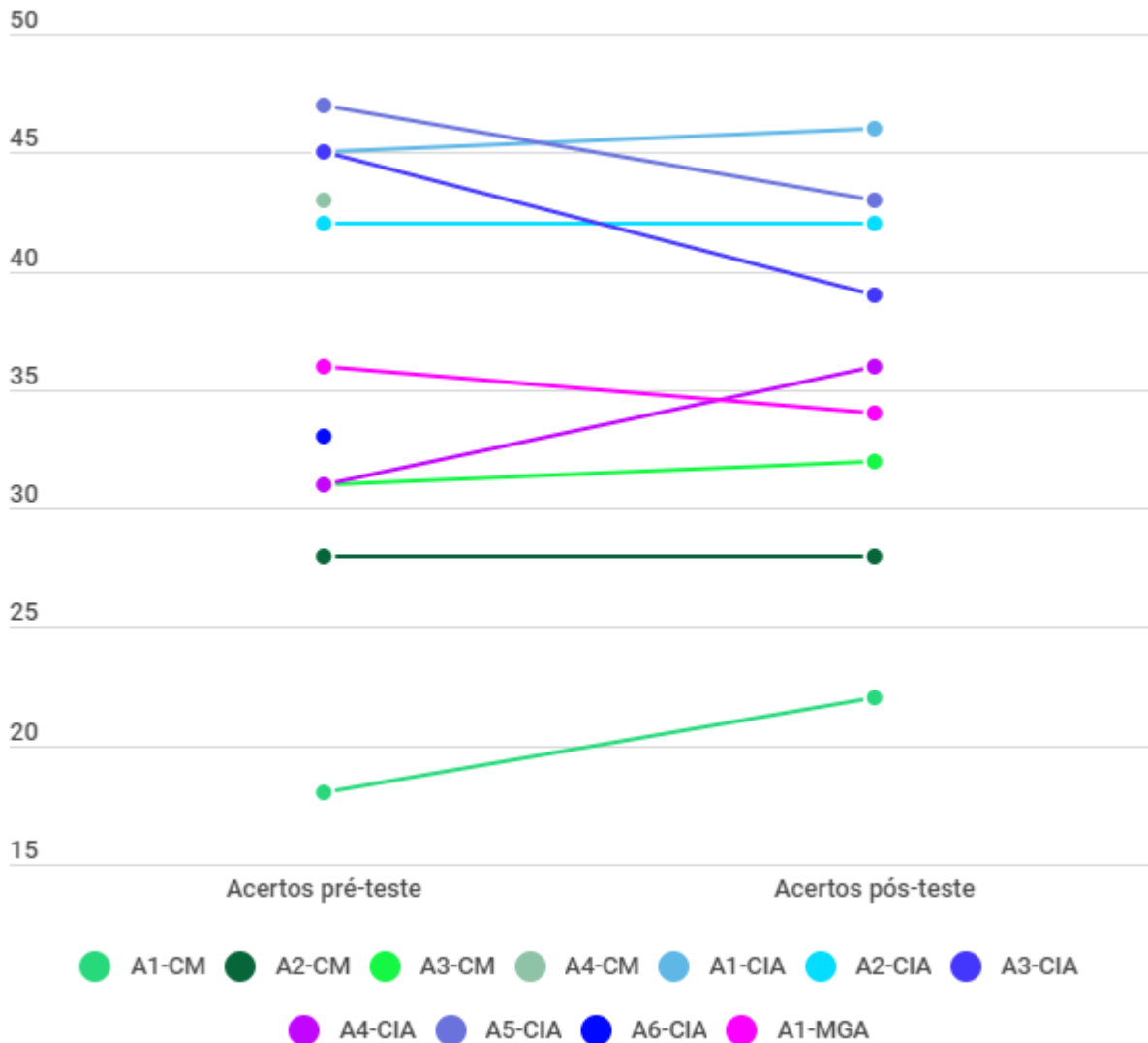
Na sequência da atividade, após o término das atividades do MannaVolt ocorreu-se o pós-teste. Na nova resolução dos questionários o aluno A3-CM acertou apenas uma questão a mais do que no pré-teste, porém, as respostas foram diferentes. O que leva a crer que o aluno aumentou a criticidade e a forma de entendimento das questões. Isso pode ser representado nas respostas bem formuladas do pós-teste de Ennis. Por outro lado na cidade de Cianorte observou-se resultados interessantes. O aluno A4-CIA havia deixado 6 questões em branco no pré-teste. No pós-teste ele deixou apenas duas, não obtendo certeza sobre o que responder. Porém, o aluno acertou cinco questões a mais do que no pré-teste, totalizando 36 acertos e um percentual de aproveitamento de aproximadamente 47%, com um aumento de 6% em relação a atividade anterior. O aluno A5-CIA que obteve a maior quantidade de acertos entre todos os testes, após o pensamento crítico ser estimulado, diminuiu a quantidade de acertos, passando de 47 para 43. Apesar disso, o aluno manteve um percentual de acerto de criticidade acima de 50%. A avaliação do pós-teste de Ennis também trouxe resultados interessantes em ambas as cidades. Percebeu-se que a capacidade de elaboração de resposta foi muito melhor e completa pelos alunos. Dessa forma levou-se a crer que o trabalho foi bem sucedido. A Figura - 6.11 mostra a comparação de aplicações pré e pós-teste nas cidades durante a segunda aplicação.



Fonte: Autoria própria.

Para entender melhor sobre os resultados das duas aplicações, optou-se por desenvolver um gráfico comparando os acertos pré e pós-testes de todas as turmas de ambas as aplicações. Essa comparação pode ser verificada no gráfico da Figura - 6.12, apresentando a evolução do aluno com as atividades do MannaVolt.

Figura 6.12: Análise de Respostas Pré e pós-teste de todos os alunos do MannaVolt.



Fonte: Autoria própria.

O segundo relato apresentado é a vivência das aplicações e resultados do MannaIno. Após responderem aos questionários as alunas foram reunidas em um grupo online para que fosse possível repassar os recados sobre as aulas e disponibilizar o link de acesso às aulas. Esse link foi privado para os participantes envolvidos. Nesse ambiente virtual foi possível reunir todas as 5 cidades ao mesmo tempo, trabalhando todos juntos para o andamento do curso. Um total de 10 kits estavam disponíveis para a aplicação das aulas.

As aplicações do MannaIno foram desenvolvidas nos meses de agosto e setembro de 2021, sendo distribuídas em sete encontros. Essa quantidade de encontros foi seguida corretamente pois ocorreu um êxito no desenvolvimento das aulas, não sendo necessários mais encontros do que o esperado. A disponibilidade do instrutor para sanar dúvidas

também vale destaque, pois dessa forma dúvidas pontuais poderiam ser esclarecidas em horários sem aula. De uma forma geral, os encontros ocorreram em 3 semanas por aproximadamente 1:30 horas por dia, porém o desenvolvimento do material teve início em maio de 2021, totalizando 22 semanas entre preparação de material, seleção do material didático, execução dos encontros e desenvolvimento das atividades. No total, estima-se que 144 horas tenham sido destinadas ao desenvolvimento do MannaIno.

A primeira atividade desenvolvida no MannaIno, como informada anteriormente, foi o preenchimento do questionário para coleta de dados de cada aluna. Após essa coleta ocorreu a entrega dos kits e a preparação das alunas para o início do curso. A seguir será esclarecido o que ocorreu em cada aula do curso.

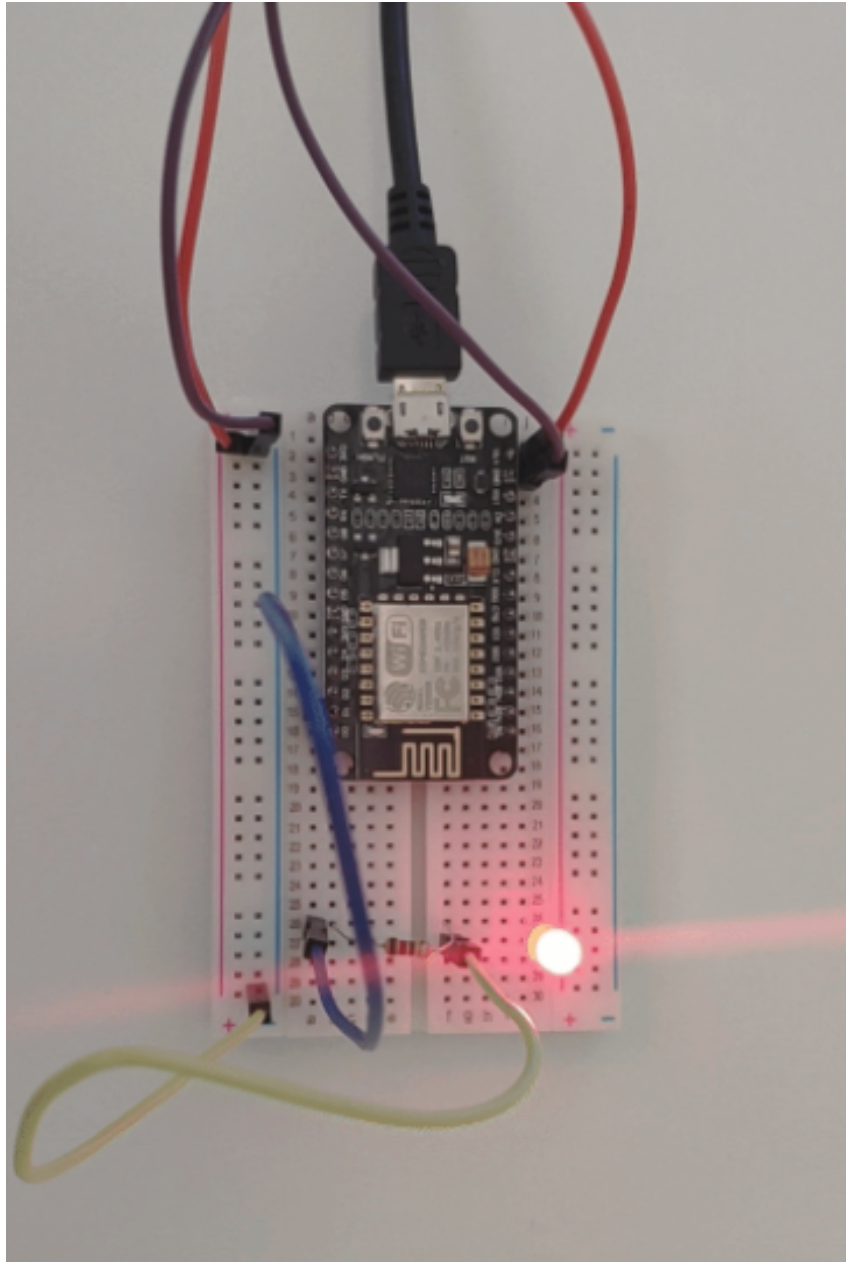
Aula 01: No primeiro encontro foi apresentado o material introdutório para as alunas. Nesse material foi apresentado às elas a forma que seria trabalhado o MannaIno. O kit foi apresentado juntamente com seus componentes e uma explicação sobre cada item e sua forma de ser utilizada foi realizada. Ainda durante o material introdutório foi apresentado o conteúdo de elétrica e eletrônica, diferenciou-se o que era analógico de digital, apresentou-se o Arduino juntamente com exemplos de circuitos montados no mesmo. Durante esse primeiro encontro também foi ensinado como conectar fios e componentes em uma placa e quais suas possíveis aplicações. Por fim, passou-se a necessidade de instalação da IDE do Arduino e a configuração para a utilização do *NodeMCU*.

Aula 02: No segundo encontro verificou-se a necessidade de apresentar conceitos iniciais sobre fundamentos de algoritmos. Entende-se que para alunos que estejam no início de seu curso de graduação, essa apresentação do conteúdo é necessária pois muitos alunos tem dificuldade nesse desenvolvimento. Explicou-se o que é um algoritmo, o que é uma linguagem e alguns exemplos foram apresentados, como somar dois números ou multiplicá-los. Destaca-se também que todas as alunas já tinham um contato inicial com a programação, portanto o conteúdo acabou sendo uma revisão para as participantes e não o ensino totalitário de uma disciplina de Algoritmos na graduação. Dessa forma, mostrou-se como transpassar esses códigos para o Arduino sendo o primeiro contato com o material. Por fim, um conteúdo sobre lógica também é apresentado.

Aula 03: O terceiro encontro já foi o suficiente para apresentar alguns desafios práticos. O primeiro desafio apresentado aos participantes foi o de fazer um LED piscar. Foi criado um projeto com Arduino e *NodeMCU* em que o LED fica aceso por 1 segundo e apagado por 1 segundo. Explicou-se todas as ligações necessárias para que o LED acendesse e os participantes deveriam reproduzir o que vos era apresentado. Uma câmera foi apontada para o projeto do instrutor, dessa forma era possível verificar todas as ligações

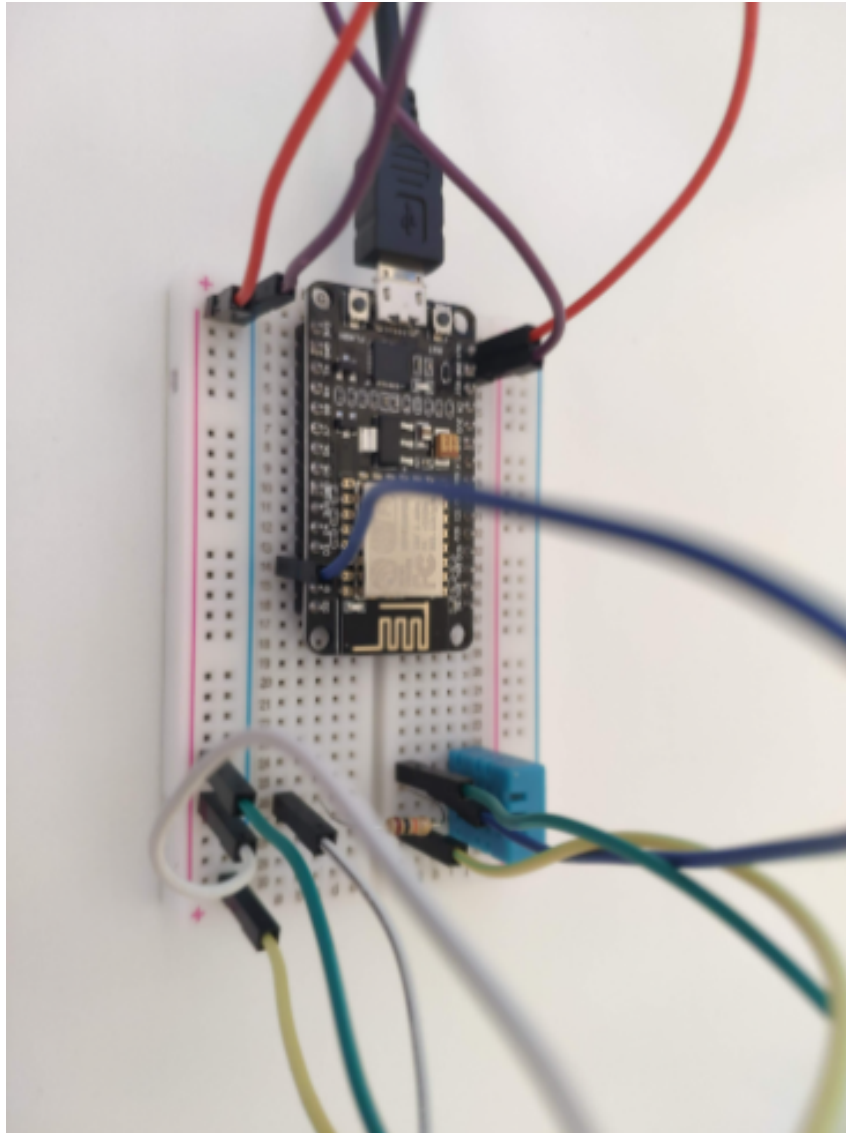
que o mesmo realizava e os participantes poderiam reproduzir exatamente igual. Após a montagem do primeiro desafio foi apresentado o código necessário para que o LED piscasse. A Figura - 6.13 mostra o funcionamento e o que foi apresentado nesse primeiro desafio para as alunas. Para essa aula foi proposto dois desafios, sendo assim o segundo é um sensor de temperatura e umidade. Para o segundo desafio utilizou-se o sensor DHT11 que verifica a umidade relativa do ar. As ligações necessárias foram apresentadas e para esse experimento foi necessário adicionar uma nova biblioteca sobre a IDE do Arduino. Auxiliou-se então na instalação dessa biblioteca e o código foi apresentado. A Figura - 6.14 mostra a montagem desse segundo desafio.

Figura 6.13: Desafio I - LED piscando.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6.14: Desafio II - Sensor de temperatura e umidade.

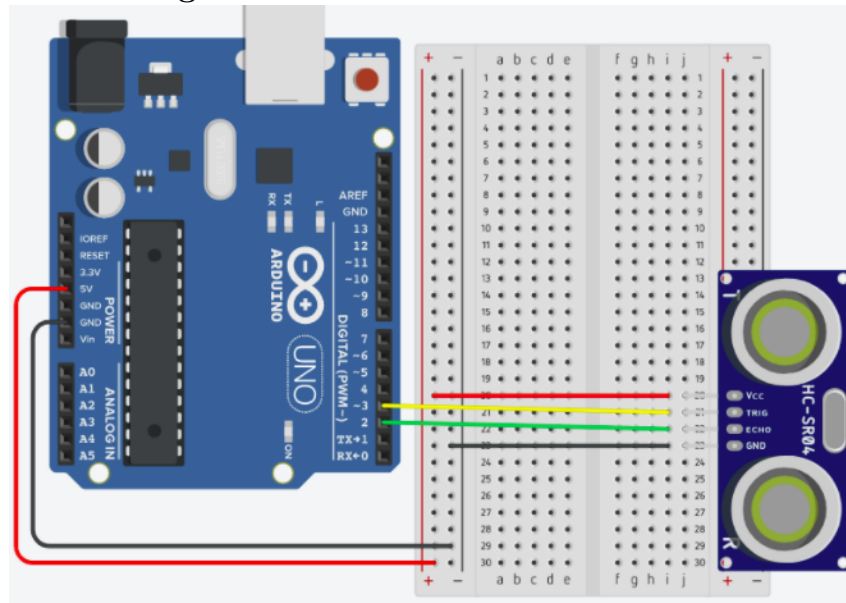


Fonte: Autoria própria.

Aula 04: O quarto encontro seguiu os preceitos do terceiro, apresentando aos alunos outros dois desafios práticos. O terceiro desafio foi composto por um sensor de distância ultrassônico, esse sensor é o HC-SR04. Esse sensor envia um pulso sonoro de alta frequência que se propaga na velocidade do som no ambiente em questão. Quando este pulso atinge um objeto o sinal de eco será refletido para o sensor. Dessa forma a distância entre o objeto e o sensor pode ser calculada, porém existe um limite de 400cm. A Figura - 6.15 apresenta a montagem desse circuito. O segundo desafio dessa aula utiliza um *Buzzer*. Nesse desafio é criado um projeto com Arduino e *NodeMCU* que emite um sinal sonoro audível. O *buzzer* é um atuador que envia sinais sonoros em uma frequência

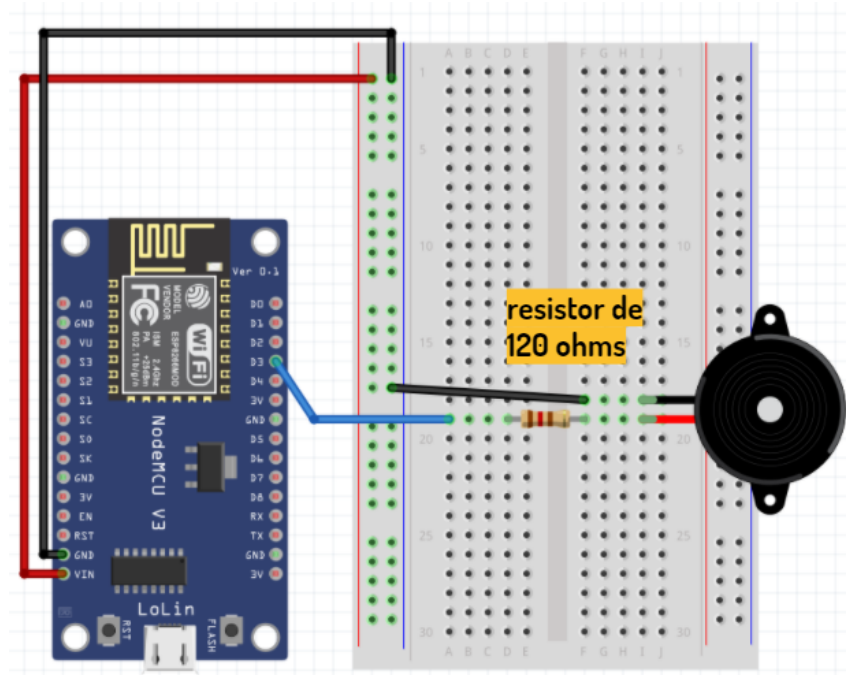
controlada por código. É passado o código para o aluno para que o mesmo realizasse o acompanhamento dessa implementação de desafio, podendo visualizar em sua casa o funcionamento correto do circuito. A Figura - 6.16 mostra um exemplo da montagem desse sensor.

Figura 6.15: Desafio III - Sensor sonoro.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6.16: Desafio IV - *Buzzer*.



Fonte: Autoria própria.

Aula 05: O quinto encontro apresentou o último desafio para os alunos, uma introdução a Internet das Coisas e a distribuição de projetos em dupla. O desafio 5 é o de sensor LDR. Esse desafio consiste em criar um projeto com o Arduino e NodeMCU que consegue identificar o nível de luminosidade em um ambiente. Para isso utiliza-se o sensor referido, que funciona com uma resistência fotosensível, ou seja, quanto mais luz atinge o componente, menor a condutividade do sensor. Um exemplo das conexões desse sensor pode ser averiguado na Figura - 6.17. Continuamente na aula os alunos são introduzidos à um conteúdo sobre IoT, que utiliza os conhecimentos obtidos até o momento do curso e podem ser utilizados para uma aplicação futura e desenvolvimento acadêmico dos participantes. Ao final dessa aula foram separados em duplas a fim da realização do projeto final do MannaIno.

quem obteve maior pontuação em visual, faria par com alguém de maior pontuação cinestética, ou até mesmo alguém mais auditivo com um leitor/escritor.

Aula 06: A sexta aula foi simples e foi uma aula extra para que as alunas enviassem suas dúvidas e dificuldades durante o desenvolvimento do projeto final. Essa aula, especialmente, foi a única aula em que não existiu um tempo de duração, ou seja, enquanto as duplas persistissem com dúvidas a aula duraria.

Aula 07: Por fim, a última aula foi destinada para a apresentação do projeto final de cada dupla. Para essa apresentação foi pedido à cada dupla que gravasse um vídeo rápido, de no máximo 5 minutos, explicando o experimento mostrando seu funcionamento e o código desenvolvido. Dessa forma todos puderam acompanhar o que foi realizado pelas equipes, incluindo formas diferentes de se trabalhar, pois alguns projetos eram iguais aos outros. Para melhorar o entendimento, além do vídeo gravado também foi pedido que ocorresse uma explicação oral sobre o projeto. Ao fim da aula foi aplicado também o questionário SOLO, que será explicado na seção seguinte.

Para o desenvolvimento das aulas apresentadas anteriormente foi necessário uma longa construção com o instrutor do curso. Para que essa conclusão obtivesse êxito, vários testes e análises foram realizados. Para isso, foi necessário realizar uma aplicação do projeto em uma turma experimental, a qual foi chamada de *Turma 0*. Essa turma foi formada por 3 alunos integrantes do Grupo Manna que variaram entre a graduação e a pós-graduação. O conhecimento prévio desses alunos sobre o tema abordado no curso era muito pouco, dessa forma seria uma novidade para os mesmos.

Para a aplicação do experimento com essa turma menos encontros foram necessários, além de que o projeto final também não foi desenvolvido. O conteúdo e a montagem dos circuitos foram realizados durante a atividade. Para um experimento inicial, pode-se verificar o que estava correto e o que estava errado no curso desenvolvido. Como por exemplo, em um dos experimentos uma conexão errada acabou queimando um sensor do kit. Dessa forma o aluno não conseguiu realizar algumas atividades. Após o ocorrido resolveu-se optar por uma camera gravando o circuito montado pelo instrutor. Outro ponto de destaque é que o Coordenador Geral acompanhou o desenvolvimento das atividades por meio de um simulador online chamado *Thinkercad*, que é um software que acompanha o desenvolvimento de circuitos via *browser*. Foi optado por esse simulador para os casos em que algum outro componente queimasse e não permitisse o desenvolvimento da atividade. Como isso não ocorreu na aplicação oficial, não foi necessário utilizá-lo. Destaca-se que isso ocorreu com apenas um participante, sendo que os outros dois conseguiram concluir as montagens do circuito corretamente.

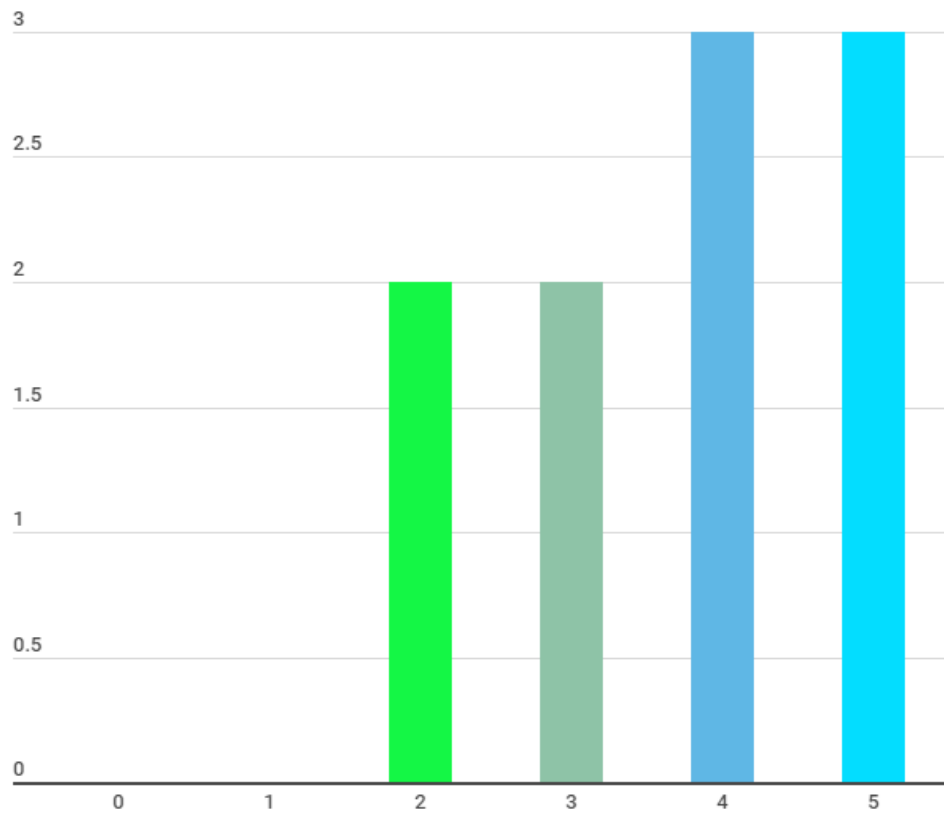
Um dos grandes desafios desse trabalho foi encontrar a melhor forma de avaliar o que estava sendo proposto. Dentro dessa avaliação optou-se por não seguir as mesmas formas de avaliação do MannaVolt e, para isso, aplicou-se uma avaliação baseada em projetos e a análise da taxonomia SOLO.

O primeiro método de avaliação consiste na análise do desenvolvimento dos desafios propostos anteriormente. Esses desafios foram classificados entre sucesso e insucesso. A aplicação do MannaIno apresentou apenas casos de sucesso durante seu desenvolvimento, sendo que todas as equipes conseguiram encontrar uma solução e apresentá-la para toda a turma. Por outro lado, entende-se que esse método não é consistente para avaliar o desenvolvimento do aluno. Dessa forma, foi necessário um método mais conciso.

A segunda forma de avaliar vem da taxonomia SOLO. Para tornar essa aplicação coerente foi necessário atribuir valores para as respostas das perguntas individuais de cada aluna. Para complementar a atribuição de pontos foi necessário também classificar as respostas fornecidas de acordo com a taxonomia apresentada. A Tabela - 4.4 mostra a nomenclatura utilizada, sua descrição e o valor atribuído para cada análise de resposta.

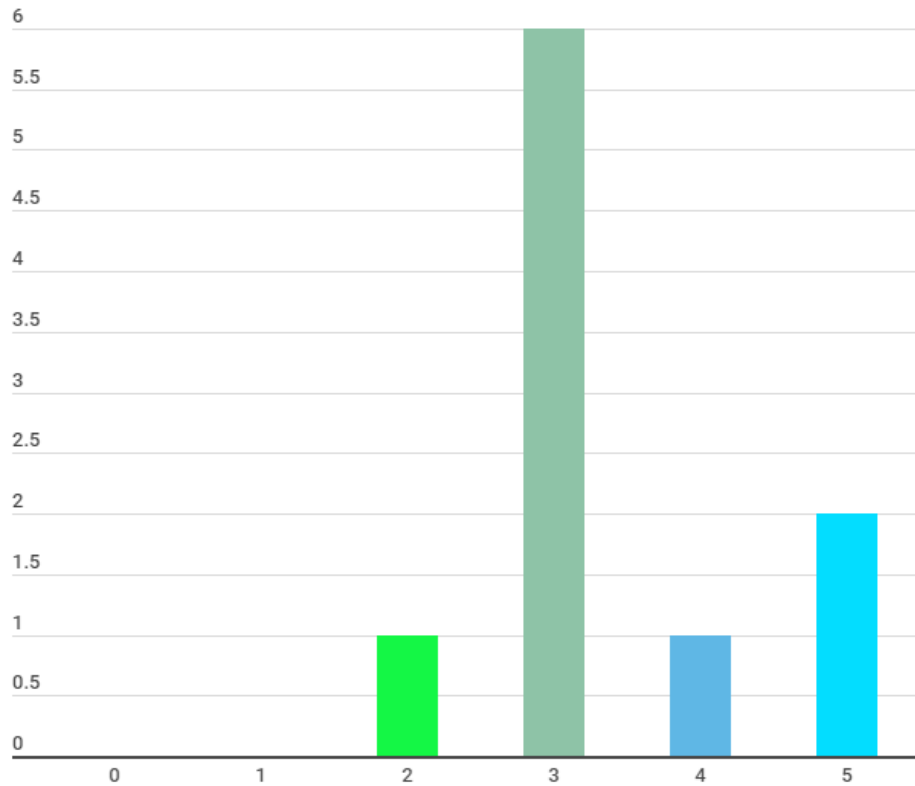
Como pode-se verificar na Tabela - 4.4, as primeiras quatro perguntas são referentes ao ensino aprendido no MannaIno, as duas últimas são voltadas à um feedback geral da forma trabalhada no curso. Por esse motivo, a aplicação da taxonomia SOLO só pôde ser aplicada as quatro questões iniciais. As 10 alunas participantes do curso serão denominadas de "Ino", seguido pelo número da participante, variando de 1 a 10. Portanto, a primeira aluna será chamada de Ino1, a segunda de Ino2 e assim consecutivamente.

Para realizar a análise dos dados atribui-se então os pontos explicados na árvore de avaliação de acordo com cada resposta das alunas. Essa análise foi feita pelo Coordenador Geral e de forma anônima por cada participante. Logo na primeira questão pode-se verificar uma discrepância nas respostas das alunas. Embora nenhuma aluna tenha respondido de forma errada ou deixado em branco, algumas respostas foram muito vagas e uma solução parcialmente correta, não estando de acordo com o aprendido no curso. Das 10 alunas envolvidas, duas acertaram a resposta parcialmente somando 2 pontos, outras duas acertaram a resposta e apresentaram uma ideia e com isso somaram 3 pontos. Três alunas apresentaram uma resposta coerente e com ideias bem apresentadas, porém com a falta de uma conexão entre as ideias, totalizando 4 pontos e por fim outras três alunas acertaram completamente e souberam associar suas respostas. A Figura - 6.18 apresenta essas pontuações.

Figura 6.18: Pontuação da questão 1 - Taxonomia SOLO.

Fonte: Autoria própria.

A segunda questão do questionário aplicado envolve a definição do que é um algoritmo e é pedido um exemplo. Esperava-se nessa questão que o aluno respondesse o que é um algoritmo e apresentasse alguns argumentos sólidos para provar sua resposta. Muitas das respostas foram: "Um algoritmo é uma sequência de passos." E não citou exemplos ou algo parecido, outras respostas como "é uma sequência de comandos que realizam algum tipo de ação" também não obtiveram nota integral pois não há a formulação de uma ideia elaborada e nem um exemplo apresentável. As alunas que tiveram 5 pontos nessa questão apresentaram respostas sobre o questionamento, analisaram com o mundo real e entregaram uma sequência de código como exemplo. Isso apresenta suas ideias concretas sobre a solução. Partindo dessa explicação, uma aluna fez 2 pontos, 6 alunas fizeram 3 pontos, uma aluna fez 4 pontos e duas alunas 5 pontos. Esse gráfico pode ser verificado na Figura - 6.19.

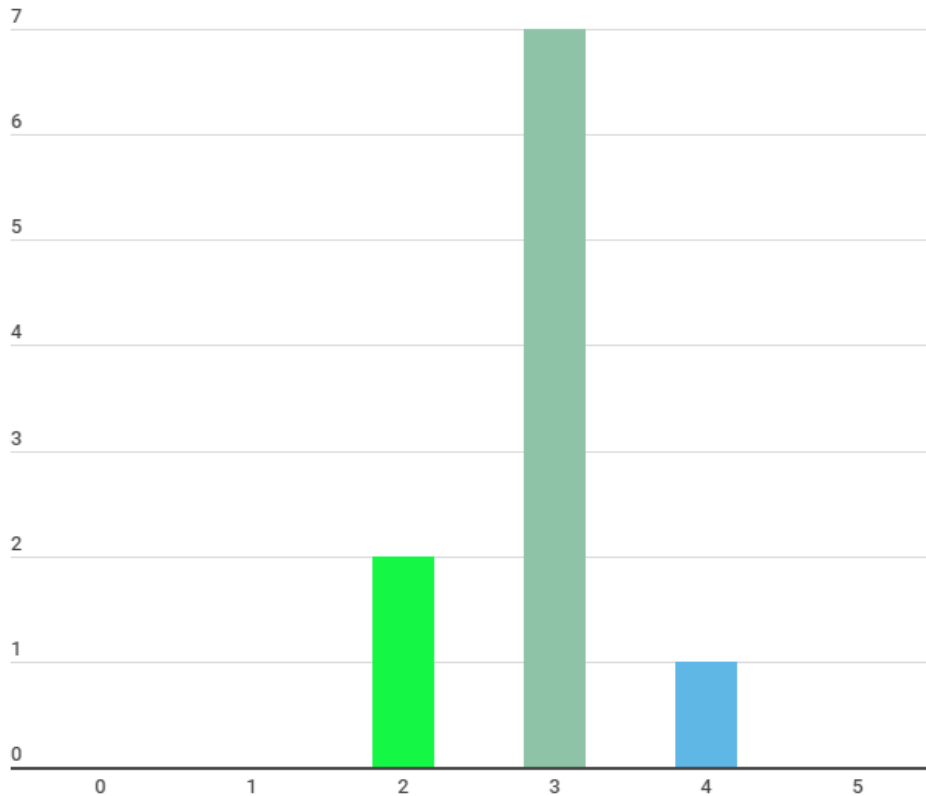
Figura 6.19: Pontuação da questão 2 - Taxonomia SOLO.

Fonte: Autoria própria.

A terceira questão é semelhante a anterior, porém dessa vez o aluno deveria explicar o que é IoT e escrever tudo o que ele saberia sobre esse assunto, além do que foi aprendido no curso. Era esperado que o aluno explicasse o significado de IoT, trazendo exemplos reais para assimilação de sua ideia e comprovando sua resposta. Algumas alunas foram objetivas em suas respostas, como por exemplo: "Internet das Coisas é tudo aquilo que envolve internet, sendo a conexão do usuário ou o ambiente com a internet.". Mais uma vez, destaca-se que a resposta não está errada, mas não há uma estruturação de ideias, apenas o fato sem nenhum exemplo. Outro exemplo de resposta apresentada foi: "Conexão de objetos com a internet". Uma das respostas mais completas sobre essa questão foi: "Objetos inteligentes, que tem acesso à informações e assim conseguem processar esses dados e executar ações. Eles fazem isso por meio da programação". Nessa resposta a aluna assimilou uma ideia corretas sobre o real significado da questão e que foi aprendido no curso, explicando o que é internet das coisas e relacionando-a com a programação. Dess forma, apesar de nenhuma resposta estar errada, duas alunas obtiveram 2 pontos, sete alunas obtiveram 3 pontos e uma aluna obteve 4 pontos. Não

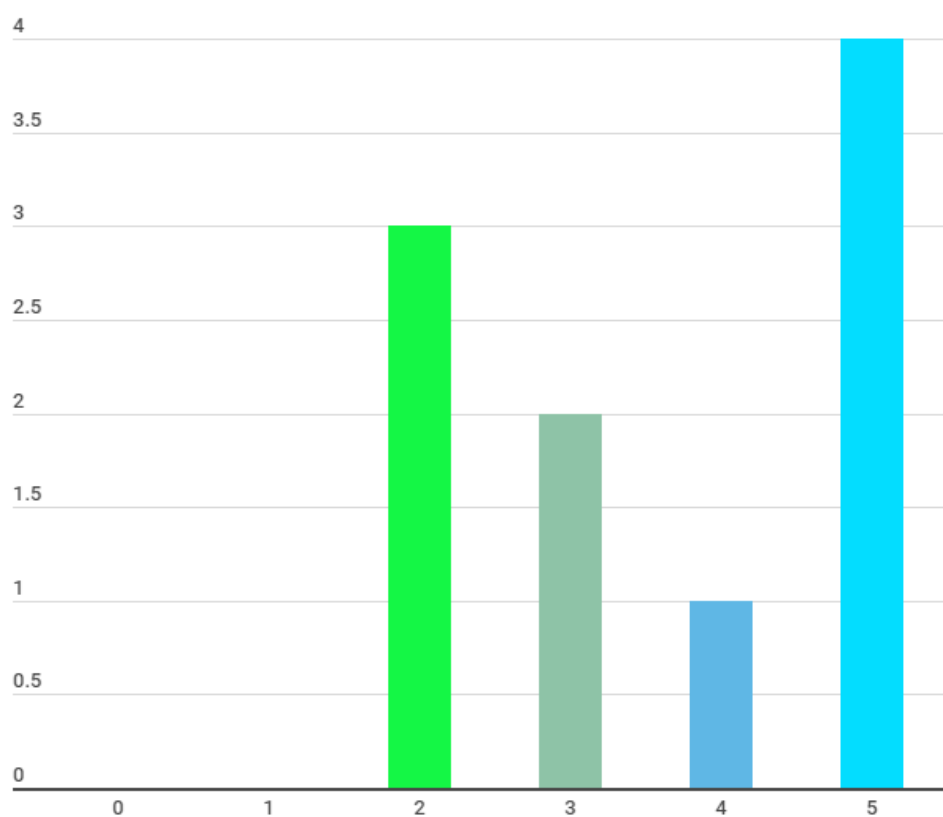
houve nenhum participante que atingiu a resposta totalmente correta pela taxonomia SOLO. A Figura - 6.20 a seguir mostra esses acertos.

Figura 6.20: Pontuação da questão 3 - Taxonomia SOLO.



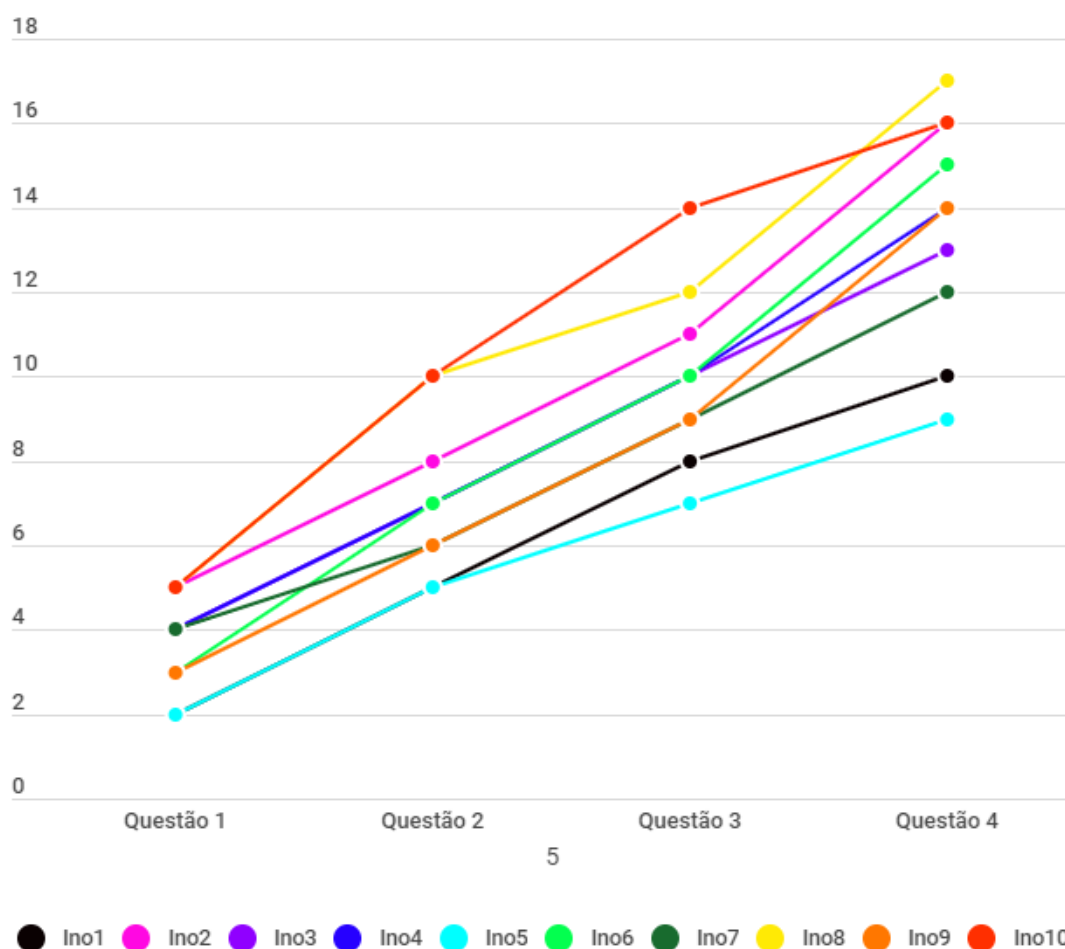
Fonte: Autoria própria.

A quarta questão é a questão que mais poderia haver uma elaboração de resposta do participante. Dentro esperava-se que o aluno pensasse em um problema de seu cotidiano e resolvesse aplicar o conhecimento obtido sobre IoT para pensar em uma nova solução desse problema, trazendo informações sobre que hardware, software ou que componentes usaria e como a aplicação funciona. Algumas respostas chamaram atenção pela falta de elaboração do aluno, tal como: "Estacionar o carro. Sensor de ré.", esse exemplo foi o que foi estudado durante o curso e não houve uma criatividade no desenvolvimento da questão. Outros alunos desenvolveram um raciocínio longo, apresentando problemas do mundo real e da sua realidade de vida, com pensamentos *out of box* e extensos. Analisando as respostas três alunas obtiveram 2 pontos, duas alunas obtiveram 3 pontos, uma aluna obteve 4 pontos e por fim quatro alunas obtiveram 5 pontos. A figura representa essa pontuação.

Figura 6.21: Pontuação da questão 4 - Taxonomia SOLO.

Fonte: Autoria própria.

Após a análise questão à questão dos alunos, foi verificado a média entre todos os participantes. Essa média foi de 14,6 pontos no total, como se cada questão valesse aproximadamente 3.65 pontos. A pontuação total das alunas variou entre 9 e 17 pontos, sendo respectivamente a mais baixa e a menor de todas as pontuações. A Figura - 6.22 a seguir mostra a evolução de cada aluno, questão à questão.

Figura 6.22: Total da pontuação de cada aluno no questionário SOLO.

Fonte: Autoria própria.

Em seguida ocorreu a análise das outras duas questões, responsáveis por fornecer um feedback sobre o trabalho em equipe e o projeto em si. A questão 5 tratou sobre o desenvolvimento do projeto final em duplas. Algumas duplas relataram dificuldades pessoais para o desenvolvimento do projeto, outras foram afetadas pela falta de energia elétrica ou internet, que acabou comprometendo a construção do projeto e a comunicação com a dupla. As duplas que tiveram esse problema de comunicação conseguiram sobressair os problemas, cada uma de um jeito. Porém, de uma forma geral, os relatos sobre o desenvolvimento em duplas foram positivos e as participantes gostaram dessa forma de trabalho e elogiaram a dupla recebida.

Por outro lado, na questão 6 foi perguntado se as alunas poderiam sugerir melhorias para o desenvolvimento do curso. Em muitas respostas as alunas informaram que as instruções fornecidas durante o curso foram claras e diretas, tornando-se diferente de

outros cursos que já participaram anteriormente. Também outro elogio foi referenciada à metodologia aplicada, que é uma das propostas deste trabalho. Outras alunas relataram muita dificuldade na programação. Entende-se que esse curso não tem como objetivo principal ensinar o aluno a programar, e sim entender o objetivo e a criação de formas de utilização da IoT. Esse esclarecimento no *feedback* pode resultar nas respostas com baixa pontuação sobre a programação. Uma participante sugeriu que mais projetos finais fossem acrescentados, para que seja possível uma prática maior de experimentos. Por fim, outro *feedback* que merece destaque foi o de uma participante que comentou que gostaria de escolher a dupla para o projeto final e, exceto isso, o curso foi impecável. Vale atentar que a possibilidade de escolha de duplas não é o tratado neste trabalho, já que as duplas foram separadas conforme o equilíbrio do questionário VARK.

6.2 Resultados da Segunda Aplicação

Durante os meses de Abril e Maio de 2022 ocorreram outras aplicações do MannaVolt e do MannaIno. A aplicação do MannaVolt ocorreu no Instituto de Educação de Maringá e foi desenvolvido dentro da sala de alunos com altas habilidades. Pela limitação da quantidade de kits (5 no total) a realização desse trabalho deu-se com somente cinco alunos.

Essa aplicação do MannaVolt teve problemas com a alocação de uma data em que todos os cinco alunos e a instrutora estivessem disponíveis. Nas salas de altas habilidades os alunos comparecem à instituição duas vezes por semana, porém, nem todos vão no mesmo dia. Assim como a instrutora, que não poderia comparecer as atividades presenciais durante a semana. Dessa forma, para viabilizar a aplicação desse estudo, as aulas ocorreram de forma remota, via *Google Meet*.

A sequência das atividades ocorreu da mesma forma da primeira aplicação. Foi combinado uma data inicial para a entrega dos kits e apresentação do trabalho, no qual os alunos interessados se manifestaram para a participação do projeto. Nesse encontro presencial também foi apresentado o grupo Manna, o qual também despertou interesse de participação nos alunos. Nessa segunda aplicação foi adicionado um diário de bordo, que é um documento que registra as atividades dos alunos e uma avaliação dos mesmos referenciando a aprendizagem em aula, que é preenchida pelo instrutor. Além disso, também ocorre um resumo de tudo o que foi abordado e apresentado durante a aplicação.

Por fim, as aplicações dos questionários foram realizadas com os alunos, porém, até a data de término de escrita deste trabalho, as avaliações não foram entregues pelos alunos. Dessa forma, os resultados dessa segunda aplicação da atividade do MannaVolt não serão apresentados neste trabalho.

Ao mesmo tempo em que a aplicação do MannaVolt ocorria, também ocorreu a segunda aplicação do kit do MannaIno. Essa aplicação ocorreu com um convite do Ramo IEEE da Universidade Estadual de Maringá e foi proposta essa aplicação na semana de Engenharia Elétrica. Para essa aplicação eram esperados 10 alunos, porém, apenas quatro compareceram.

O desenvolvimento das atividades ocorreu da mesma forma que a primeira aplicação e percebeu-se que alguns participantes não se comprometeram com a atividade, comparecendo apenas um ou dois dias. Esses participantes foram descartados das análises. Apenas dois dos participantes participaram integralmente do curso, do início ao fim. Desses dois alunos os resultados foram coletados, porém, também não foram entregues até o término dessa atividade.

Por fim, juntamente com essa aplicação recente, também foi realizado um diário de bordo por meio do instrutor (em forma de relato) sobre as atividades ocorridas durante o desenvolvimento da atividade.

Conclusões e Trabalhos Futuros

O desenvolvimento deste trabalho trouxe muita aprendizagem e perspectivas para o futuro do projeto. Dessa forma, este capítulo apresenta as lições aprendidas, as conclusões e os trabalhos futuros.

7.1 Conclusão

Eles assistem as aulas com objetivo de contribuir para mudar o espaço, o tempo e ampliar os modos de aprendizagem. Em relação ao espaço, a abordagem pretende ser uma fonte de aprendizagem portátil e sem fronteiras que pode estar em qualquer lugar. Ela muda o espaço que antes era definido pelos limites físicos das escolas e universidades. Em relação ao tempo, a arquitetura permite que os estudantes aprendam no seu tempo, no seu ritmo. Ela muda o tempo que antes era o mesmo para todos os estudantes que estavam dentro da sala de aula assistindo ao conteúdo no ritmo que o professor imprimia. Ela amplia os modos de aprendizagem porque agora propõe o modo tátil, isto é, o estudante é inserido na cultura maker, na cultura do faça você mesmo.

7.2 Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho percebeu-se que o mesmo é riquíssimo em teorias e publicações que podem ser transformadas em um trabalho expandido baseando-se nos conceitos propostos. A Tabela - 7.1 lista alguns trabalhos que pretende-se publicar nos próximos meses.

Tabela 7.1: Possíveis publicações relacionadas à este trabalho.

Publicação	Tema
<i>1</i>	MannaVolt: Kit de ensino de eletrônica
<i>2</i>	MannaIno: Kit Delivery de ensino de IoT
<i>3</i>	MannaKDT: A Educação 5.0 na Prática
<i>4</i>	Um estudo de caso tecnológico com Meninas
<i>5</i>	Resultados obtidos no desenvolvimento desse trabalho

Fonte: Autoria própria.

Por fim, para que o trabalho possua uma eficácia sobre esse método de ensino e aprendizagem será necessário que em trabalhos futuros o método seja aplicado mais vezes e de maneira sistemática. Para isso, já existe um planejamento de trabalho para o ano de 2023 em que esse trabalho continuará sendo aplicado juntamente com o grupo Manna e para isso, serão desenvolvidas atividades durante todo um ano escolar. A escola participante até o momento de escrita dessa dissertação é o Instituto de Educação de Maringá. Nesse planejamento, deseja-se desenvolver mais de uma atividade na escola, além do MannaVolt e do MannaIno. Nesse caso, em cada mês do ano, uma atividade será desenvolvida. As aplicações do MannaVolt e do MannaIno serão aplicadas em 2 meses distintos. Outras instituições de ensino públicas de todo o Brasil também devem receber os kits para avaliar essa eficiência como um modelo de ensino distribuído.

REFERÊNCIAS

- AKSOY, H.; ET AL. How do innovation culture, marketing innovation and product innovation affect the market performance of small and medium-sized enterprises (smes). *Technology in Society*, v. 51, n. 4, p. 133–141, 2017.
- ALVES, L. M. *Gamificação na educação*. Clube de Autores, 2018.
- ANDERSON, C. *Makers: The new industrial revolution*. Random House, 2012.
- BAUER, A.; BUTLER, E.; POPOVIĆ, Z. Approaches for teaching computational thinking strategies in an educational game: A position paper. In: *2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond)*, 2015, p. 121–123.
- BENNETT, N.; LEMOINE, G. J. What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a vuca world. *Business Horizons*, v. 57, n. 3, p. 311–317, 2014a.
- BENNETT, N.; LEMOINE, J. What vuca really means for you. *Harvard business review*, v. 92, n. 1/2, 2014b.
- BENTLEY, J. L. Multidimensional divide-and-conquer. *Communications of the ACM*, v. 23, n. 4, p. 214–229, 1980.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências sociais e humanas*, v. 32, n. 1, p. 25–40, 2011.
- BIGGS, J. B.; COLLIS, K. F. *Evaluating the quality of learning: The solo taxonomy (structure of the observed learning outcome)*. Academic Press, 2014.
- BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J.; DE MOURA, É. M. Educação maker: onde está o currículo? *Revista e-Curriculum*, v. 18, n. 2, p. 523–544, 2020.
- BLOOM, B. S.; ET AL. Taxonomy of educational objectives. vol. 1: Cognitive domain. *New York: McKay*, v. 20, n. 24, p. 1, 1956.

BOLAÑOS, F.; SALINAS, Á. Secondary vocational education students' expressed experiences of and approaches to information interaction activities within digital environments: a phenomenographic study. *Education and Information Technologies*, v. 26, n. 2, p. 1955–1975, 2021.

BROCKVELD, M. V. V.; TEIXEIRA, C. S.; SILVA, M. R. D. A cultura maker em prol da inovação: boas práticas voltadas a sistemas educacionais. In: *Anais da Conferência ANPROTEC*, 2017.

CALDWELL, G. A.; FOTH, M. Diy media architecture: open and participatory approaches to community engagement. In: *Proceedings of the 2nd Media Architecture Biennale Conference: World Cities*, 2014, p. 1–10.

COSTA, R. J.; PORTELA, P.; ALVES, G. R. An educational kit to teach and learn operational amplifiers. In: *2017 4th Experiment@ International Conference (exp. at'17)*, IEEE, 2017, p. 137–138.

CUNHA, B. G. P.; MENDES, S. T.; DUTRA, P. M.; RODRIGUES, T. V.; NUNES, L. M.; MACHADO, F. M. F.; DA SILVA MARTINS, C. A. P. Didactronic: A low-cost and portable didactic lab for electronics: Kit for digital and analog electronic circuits. In: *2016 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, IEEE, 2016, p. 296–303.

DCEB Diretrizes para ensino de computação na educação básica. Data de Acesso: 27 Sep, 2021, 2021.

Disponível em <https://www.sbc.org.br/educacao/diretrizes-para-ensino-de-computacao-na>

DECKER, A.; SCHNEIDER, J. L.; MARGULIEUX, L. E. How engineering and computing students demonstrate critical thinking during required co-op work experiences. In: *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, IEEE, 2018, p. 1–9.

DELORS, J.; CHUNG, F.; GEREMEK, B.; GORHAM, W.; KORNHAUSER, A.; MANLEY, M.; QUERO, M. P.; SAVANÉ, M.-A.; SINGH, K.; STAVENHAGEN, R.; ET AL. Relatório para a unesco da comissão internacional sobre educação para o século xxi. *Educação um tesouro a descobrir*, v. 6, 1996.

DENNING, P. J. Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 60, n. 6, p. 33–39, 2017.

ENGELBRECHT, J.; BORBA, M. C.; LLINARES, S.; KAISER, G. Will 2020 be remembered as the year in which education was changed? 2020.

- ENNIS, R. H. A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational leadership*, v. 43, n. 2, p. 44–48, 1985.
- ENNIS, R. H. Critical thinking assessment. *Theory into practice*, v. 32, n. 3, p. 179–186, 1993.
- FERRAZ, A. P. D. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, v. 17, p. 421–431, 2010.
- FLEMING, N.; MILLS, C. Vark: A guide to learning styles. 2001.
- FLÔR, D. E.; DA CRUZ, E. H. M.; POSSEBOM, A. T.; JUNIOR, C. R. B.; HÜBNER, R.; AYLON, L. B. R. Mannateam: a case of interinstitutional collaborative learning and education 5.0. In: *2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, IEEE, 2020, p. 964–970.
- FONSECA, S. M.; MATTAR, J. Metodologias ativas aplicas à educação a distância: revisão da literatura. *Revista EDaPECI*, v. 17, n. 2, p. 185–197, 2017.
- GARCIA-ZUBIA, J.; CUADROS, J.; ROMERO, S.; HERNANDEZ-JAYO, U.; ORDUNA, P.; GUENAGA, M.; GONZALEZ-SABATE, L.; GUSTAVSSON, I. Empirical analysis of the use of the visir remote lab in teaching analog electronics. *IEEE Transactions on Education*, v. 60, n. 2, p. 149–156, 2016.
- GERSHENFELD, N. A. *Fab: the coming revolution on your desktop—from personal computers to personal fabrication*. Basic Books (AZ), 2005.
- GIL, A. C. *Metodologia do ensino superior*. Editora Atlas SA, 2000.
- HATTIE, J.; BROWN, G. T. *Cognitive processes in asttle: The solo taxonomy*. Ministry of Education, 2004.
- IFENTHALER, D.; GIBSON, D. C.; ZHENG, L. The dynamics of learning engagement in challenge-based online learning. In: *2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, IEEE, 2018, p. 178–182.
- KAPP, K. M. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons, 2012.
- LI, L. Project-based learning in electronic technology: a case study. *European Journal of Engineering Education*, v. 40, n. 5, p. 499–505, 2015.

- LI, Y. Teaching programming based on computational thinking. In: *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, IEEE, 2016, p. 1–7.
- LINDTNER, S.; LI, D. Created in china: the makings of china’s hackerspace community. *Interactions*, v. 19, n. 6, p. 18–22, 2012.
- LISTER, R.; SIMON, B.; THOMPSON, E.; WHALLEY, J. L.; PRASAD, C. Not seeing the forest for the trees: novice programmers and the solo taxonomy. *ACM SIGCSE Bulletin*, v. 38, n. 3, p. 118–122, 2006.
- LU, J. J.; FLETCHER, G. H. Thinking about computational thinking. In: *Proceedings of the 40th ACM technical symposium on Computer science education*, 2009, p. 260–264.
- MAMEDE, W.; ABBAD, G. S. Objetivos educacionais de um mestrado profissional em saúde coletiva: avaliação conforme a taxonomia de bloom. *Educação e Pesquisa*, v. 44, 2017.
- MCPECK, J. E. *Critical thinking and education*. Routledge, 2016.
- MENDOZA, J. P.; CARRIZO, J. M. V.; SÁNCHEZ, F. J. R. Project based learning experiences for embedded systems design. In: *2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEET)*, IEEE, 2016, p. 1–6.
- MOL, S. M.; MATOS, D. A. S. Uma análise sobre a taxonomia solo: aplicações na avaliação educacional. *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 30, n. 75, p. 722–747, 2019.
- MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens*, v. 2, n. 1, p. 15–33, 2015.
- MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso*, p. 02–25, 2018.
- OLIVEIRA, T. E. D.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física. *Física na escola. São Paulo. Vol. 14, n. 2 (out. 2016)*, p. 4–13, 2016.
- ORTIZ, J.; PEREIRA, R. Um mapeamento sistemático sobre as iniciativas para promover o pensamento computacional. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, 2018, p. 1093.

- PAPERT, S. Children, computers and powerful ideas. 1990.
- PAPERT, S.; HAREL, I. *Constructionism: research reports and essays, 1985-1990*. Ablex publishing corporation, 1991a.
- PAPERT, S.; HAREL, I. Situating constructionism. *Constructionism*, v. 36, n. 2, p. 1–11, 1991b.
- PEREIRA, R. M.; DA SILVA, F. F.; SILLA, C. N. Teaching algorithms for visually impaired and blind students using physical flowcharts and screen readers. In: *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, IEEE, 2018, p. 1–9.
- POSCH, I.; FITZPATRICK, G. First steps in the fablab: experiences engaging children. In: *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*, 2012, p. 497–500.
- RAABE, A.; GOMES, E. B. Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 26, n. 26, p. 6–20, 2018.
- ROCHA, H. M.; LEMOS, W. D. M. Metodologias ativas: do que estamos falando? base conceitual e relato de pesquisa em andamento. *IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação. Resende, Brazil: Associação Educacional Dom Boston*, v. 12, 2014.
- SCHAFERSMAN, S. D. An introduction to critical thinking. 1991.
- SELBY, C. C. Relationships: computational thinking, pedagogy of programming, and bloom’s taxonomy. In: *Proceedings of the workshop in primary and secondary computing education*, 2015, p. 80–87.
- DE SENA, M. C.; DA SILVA, G.; DA SILVA, A. F.; DE OLIVEIRA BASTOS, P. R. H. Os efeitos da pandemia na educação de crianças e adolescentes no brasil. *Lex Cult Revista do CCJF*, v. 5, n. 1, p. 107–119, 2021.
- SHAHZAD, F.; XIU, G.; SHAHBAZ, M. Organizational culture and innovation performance in pakistan’s software industry. *Technology in Society*, v. 51, p. 66–73, 2017.
- SHIROISHI, Y.; UCHIYAMA, K.; SUZUKI, N. Society 5.0: For human security and well-being. *Computer*, v. 51, n. 7, p. 91–95, 2018.
- DA SILVA SANTOS, T. Metodologias ativas de ensinoaprendizagem. *CAPES*, 2019.

DE SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (abp): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. *Holos*, v. 5, p. 182–200, 2015.

TANENBAUM, T. J.; WILLIAMS, A. M.; DESJARDINS, A.; TANENBAUM, K. Democratizing technology: pleasure, utility and expressiveness in diy and maker practice. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2013, p. 2603–2612.

TFCT The foundation for critical thinking. Data de Acesso: 27 Sep, 2021, 2021. Disponível em <https://www.criticalthinking.org/pages/defining-critical-thinking/766>

UFMS Ufsm. Data de Acesso: 20 Out, 2021, 2021. Disponível em <https://www.ufsm.br/midias/experimental/integra/2021/01/22/impactos-da-pandemia-na-educacao-brasileira-de-jovens-e-adultos/>

URVAL, R. P.; KAMATH, A.; ULLAL, S.; SHENOY, A. K.; SHENOY, N.; UDUPA, L. A. Assessment of learning styles of undergraduate medical students using the fark questionnaire and the influence of sex and academic performance. *Advances in physiology education*, v. 38, n. 3, p. 216–220, 2014.

VAN BROEKHUIZEN, H.; ET AL. Graduate unemployment and higher education institutions in south africa. *Bureau for Economic Research and Stellenbosch Economic Working Paper*, v. 8, p. 16, 2016.

WANG, G.; ZHANG, Y.; ZHAO, J.; ZHANG, J.; JIANG, F. Mitigate the effects of home confinement on children during the covid-19 outbreak. *The Lancet*, v. 395, n. 10228, p. 945–947, 2020.

WEF The future of jobs report 2020. World Economic Forum Geneva, 2020.

WING, J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33–35, 2006.

YEPES, I. Uso de drones como tecnologia pedagogica em disciplinas steam: um enfoque voltado ao aprendizado significativo com metodologias ativas. 2020.