



Universidade Federal do Norte do Tocantins

Dissertação de Mestrado

O Ensino de Física com aplicações tecnológicas:
a construção de um sistema automático de
irrigação comandado por ondas de rádio,
usando as plataformas Arduíno e NI-Labview.

Autor:

Francisco Rodrigues de FRANÇA FILHO

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação da
Universidade Federal do Norte do To-
cantins no Curso de Mestrado Profis-
sional de Ensino de Física (MNPEF),
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em En-
sino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Nilo Maurício SOTOMAYOR CHOQUE

Coorientadora:

Profa. Dra. Shirlei Navarrete DEZIDÉRIO

16 de novembro de 2022

Francisco Rodrigues de França Filho

O Ensino de Física com aplicações tecnológicas: a construção de um sistema automático de irrigação comandado por Ondas de Rádio, usando as plataformas Arduino e NI-Labview

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física(MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Nilo Maurício Sotomayor Choque

Coorientadora: Dra. Shirlei Navarrete Dezidério

Data da aprovação: 03/08/2022

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br NILO MAURICIO SOTOMAYOR CHOQUE
Data: 04/08/2022 20:22:42-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Nilo Maurício Sotomayor Choque

Documento assinado digitalmente
gov.br NILO MAURICIO SOTOMAYOR CHOQUE
Data: 21/09/2022 11:34:29-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Profa. Dra. Daniele Gomes Carvalho

Documento assinado digitalmente
gov.br FABIO MATOS RODRIGUES
Data: 04/08/2022 20:35:54-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Fábio Matos Rodrigues

Documento assinado digitalmente
gov.br LILIANA YOLANDA ANCALLA DAVILA
Data: 05/08/2022 08:00:37-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Profa. Dra. Liliana Yolanda Ancalla Dávila

Ficha Catalográfica.

S586p

França Filho, Francisco Rodrigues de

O Ensino de Física com aplicações tecnológicas: a construção de um sistema automático de irrigação comandado por ondas de rádio, usando as plataformas Arduino e NI-Labview. / Francisco Rodrigues de França Filho – Araguaína, UFT, TO, 2022.

226 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Norte do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína – Curso de Pós-Graduação Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física, 2022.

Orientador: Nilo Maurício Sotomayor Choque

Coorientadora: Shirlei Nabarrete Dezidério

1. Teoria da Aprendizagem Significativa. 2. Ensino de Física. 3. Ondas de Rádio.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus que me proporcionou uma oportunidade de crescimento profissional e intelectual, além de muita saúde pra eu e minha família durante esse período tão difícil que passamos durante a Pandemia do COVID-19;

À minha esposa e filhos pela paciência e compreensão que tiveram comigo nesse período de estudos;

À meus amigos de turma do MNPEF 2019 que fomos unidos, companheiros e parceiros do início ao fim;

À todos os professores inclusos no programa MNPEF UFNT que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional com aulas, orientações, dicas ou qualquer que seja a ajuda que recebi, e em especial os professores Nilo Maurício e Shirlei Nabarrete;

À UFNT / Polo de Araguaína e a Sociedade Brasileira de Física (SBF) pelo programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF);

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida durante o curso inteiro;

Ao meu orientador Prof. Dr. Nilo Maurício Sotomayor Choque;

À minha orientadora professora Dra. Shirlei Nabarrete Dezidério

Ao LABMADE pelo espaço físico concedido, suporte tecnológico fundamental em meu trabalho, e principalmente a todos que colaboram com seu funcionamento, preservação e controle, em especial a Denísia, sempre disposta a contribuir para a realização dos trabalhos experimentais, suporte, organização e controle desse espaço;

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

O presente trabalho descreve a construção e aplicação de um produto educacional composto de um sistema experimental, para auxiliar e motivar e em aulas práticas de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo em nível de Ensino Médio e graduação em Física, juntamente com uma apostila de propósitos didáticos para a descrição básica dos fenômenos físicos envolvidos com o sistema experimental.

O sistema experimental consiste de grupos de sistemas automáticos de irrigação com base em sensores de umidade do solo, conectados a microcontroladores que acionam bombas hidráulicas de pequeno ou médio porte, por meio de relés, quando a umidade está abaixo de um valor estabelecido do programado. Neste sistema, foi introduzido um conceito de inovação, adicionando módulos transceptores de ondas de rádio do tipo Xbee, a cada sistema automático de irrigação, com intuito de se estabelecer uma rede de telecomunicação entre eles a qual é comandada por um software chamado NI-Labview instalado em um PC ou notebook, no qual também possui um transceptor. O conjunto forma uma rede local de área (LAN), assim fazendo a comunicação entre os módulos.

Para a efetivação do sistema foi utilizado uma plataforma de prototipagem, Arduino, com acesso livre. A comunicação entre os módulos Xbee, foi feito no protocolo Zigbee. O produto educacional é apresentado em pequena escala orientado principalmente para propósitos didáticos e educativos quando empregados em laboratórios didáticos de ensino. O produto será empregado para demonstrar a interdisciplinaridade da física com outras áreas do conhecimento e motivar a sua aprendizagem.

Palavras-chave: Produto Educacional, Irrigação automática; Arduino; Ensino de Física; Ondas de Rádio.

Abstract

The present work describes the construction and application of an educational product composed of an experimental system, to assist and motivate and in practical classes of electricity, magnetism and electromagnetism at the high school level and graduation in Physics, together with a textbook of didactic purposes for the basic description of the physical phenomena involved with the experimental system. The experimental system consists of groups of automatic irrigation systems based on soil moisture sensors, connected to microcontrollers that activate small or medium-sized hydraulic pumps, through relays, when the humidity is below an established value.

In this system, a concept of innovation was introduced, adding Xbee-type radio wave transceiver modules to each automatic irrigation system, in order to establish a telecommunication network between them, which is controlled by a software called NI-Labview. installed on a PC or notebook, which also has a transceiver. The set forms a local area network (LAN), thus making the communication between the modules.

For the implementation of the system, a prototyping platform, Arduino, with free access was used. The communication between the Xbee modules was done using the Zigbee protocol. The educational product is presented on a small scale oriented mainly for didactic and educational purposes when employed in teaching didactic laboratories. The product will be used to demonstrate the interdisciplinarity of physics with other areas of knowledge and to motivate their learning.

Keywords: Educational Product, Automatic irrigation; Arduino; Physics Teaching; Radio Waves.

Sumário

Agradecimentos	4
Resumo	5
Abstract	6
Introdução	9
1 Fundamentação Teórica	13
2 Instrumentação Física	20
2.1 Os Módulos de Rádio Xbee	20
2.2 O protocolo de comunicação Zigbee	22
2.2.1 Modos de operação	23
2.3 Comunicação serial entre módulos XBee	23
2.3.1 Comandos AT	24
2.3.2 Comunicação API	24
2.3.3 Estrutura de um frame API	25
2.3.4 Comunicação básica	27
2.4 Software XCTU	30
2.4.1 Baixando o software XCTU para configurar o Xbee	30
2.5 O LabView	43
2.5.1 Metodologia de programação	44
3 Conceitos de Física no Produto Educacional Aplicado	47
3.1 Ondas	47
3.1.1 Tipo e classificação de ondas	47
3.1.2 Ondas quanto à sua natureza	48
3.1.3 Ondas Eletromagnéticas	48
3.2 Ondas quanto à direção de propagação	50
3.2.1 Ondas Unidimensionais	50
3.2.2 Ondas Bidimensionais	51
3.2.3 Ondas Tridimensionais	51
3.3 Ondas quanto à direção de vibração	52
3.3.1 Ondas Transversais	52

3.3.2	Ondas Longitudinais	53
3.4	Características das ondas	53
3.4.1	Comprimento de Onda	53
3.4.2	Frequência	54
3.4.3	Período	55
3.4.4	Amplitude	56
3.5	Equação Fundamental da Ondulatória	56
3.6	Ondas Eletromagnéticas	57
3.6.1	Velocidade das ondas eletromagnéticas	57
3.6.2	Intensidade e potência da onda	58
3.7	Transporte de energia e o Vetor de Poynting	59
3.7.1	Variação da intensidade com a distância	59
4	Aplicação do Produto Educacional	62
4.1	Método de Aplicação	62
4.2	Descrição da dinâmica das aulas para aplicação do produto edu- cacional	65
4.3	Resultados	67
4.4	Discussão dos resultados	84
	Considerações finais	86
	Referências Bibliográficas	88

Introdução

Particularmente, no Ensino de Física, a experimentação é parte importante do processo de Ensino Aprendizagem, entretanto, no Brasil existe atualmente uma grande dificuldade para os estabelecimentos de Ensino Fundamental, Médio e Superior terem acesso a infraestrutura laboratorial robusta e adequada. Muitas escolas públicas sequer têm acesso a laboratórios didáticos.

De forma muito geral, a Física é uma Ciência que trata do estudo da origem e da composição fundamental de tudo que existe, juntamente com as suas interações. A base desse estudo é o método científico, com destaque para a experimentação como uma parte muito importante do processo.

“No Estado do Tocantins, o índice de jovens matriculados nas escolas pública ultrapassam os 90% no geral. Em contrapartida, o curso de Licenciatura em Física foi iniciado apenas em 2009, por conta também que o estado, Tocantins, é o mais novo da federação brasileira, sendo que a primeira turma formaria, teoricamente, em 2012, e já sabemos os baixíssimos índices de professores que se formam nessa área em todo Brasil, e no Tocantins não seria diferente”. [20]

A falta de professores formados nessa base curricular, não atendem à demanda necessária para as escolas públicas em todo estado. No Tocantins se torna bem pior e com isso, muitas escolas contratam professores das mais diversas formações para ministrar as aulas de Ciências, no Ensino Fundamental e de Física no Ensino Médio. Nesse contexto:

“...É importante ressaltar que os cursos de licenciatura são poucos procurados, com destaque para Química e Física, além de uma pequena procura, os números de desistência nesses cursos são altos e em contrapartida os índices de formados são baixíssimos, principalmente no curso de Física. Os cursos de Licenciatura, são alguns dos problemas que se sobressaem das análises de um diagnóstico do Sistema Educacional, com ênfase no Ensino de Física”. [20]

Levando em consideração a situação atual das escolas públicas federais, estaduais e municipais os investimentos relativos à laboratórios de Ciências, biblioteca, salas multimídia e informática, simuladores, equipamentos, materiais

físico e estrutural, temos uma grande carência em todos os itens citados. Além disso, nos últimos dois anos devido a pandemia da COVID-19 se agravou bem mais essa problemática, com o não uso dos equipamentos e não aquisição de outros novos. Podemos citar também a implantação do novo Ensino Médio para o ano de 2022 que requereu um investimento na educação em geral para fazer a implantação dessa modalidade de ensino com materiais e treinamentos de formação e orientação.

Do ponto de vista da educação, a experimentação no Ensino de Ciências desempenha um papel crucial na motivação dos estudantes, na consolidação dos conhecimentos apreendidos nas aulas teóricas e também é uma importante ferramenta para diminuir dificuldades e barreiras que possam surgir nas discussões de conceitos em sala de aula e o também o desempenho.

A experimentação desempenha vários papéis na Ciência, sendo um dos mais importantes relacionado a testar teorias e fornecer a base para o conhecimento científico. O experimento refere-se à modelagem e reprodução de determinado fenômeno físico em condições controladas em um laboratório para facilitar a aquisição de dados e estudos das variáveis envolvidas, para subsequente análise.

Por ventura, o acelerado desenvolvimento tecnológico na área da microeletrônica tem colocado à disposição de educadores e alunos sistemas e módulos eletrônicos contendo microcontroladores, microprocessadores, controladores lógicos programáveis, uma grande variedade de sensores, transdutores e atuadores a preços muito acessíveis. Como complemento a esta disponibilidade de sistemas eletrônicos, tem surgido as plataformas de prototipagem eletrônica, de acesso aberto, com base em placas de circuito impresso contendo microcontroladores, microprocessadores ou controladores lógicos programáveis, compatíveis com os sistemas e módulos eletrônicos antes mencionados.

Estas plataformas de prototipagem eletrônica contam com ambientes de desenvolvimento integrados de software (do inglês, Integrated Development Environment IDE), as quais permitem a programação de micro controladores, microprocessadores e controladores lógicos programáveis para aplicações específicas por meio de linguagens computacionais de alto nível, algo que não estava disponível para um público mais amplo, tais como educadores e estudantes.

O surgimento destas plataformas de hardware/software tem propiciado o desenvolvimento de diversas *shields*, que são placas de circuitos eletrônicos com componentes específicos que ampliam as capacidades do hardware, das plataformas de prototipagem eletrônica, possibilitando um multiacoplamento a elas devido ao padrão de forma compatível do seu desenho. Esse conjunto de avanços tecnológicos podem ser incluídos no que se denomina Tecnologia Digitais de Informação e Comunicação (TIDICs), pois são ferramentas que permitem processamento, emissão, a transmissão e a recepção da informação digital. Esta atual disponibilidade de meios tecnológicos, passíveis de compreensão por educadores e alunos, encontra um potencial de aplicação no desenvolvimento em

diversos tipos de experimentos didáticos para auxiliar aulas de Física e Ciências, além de possibilitar equipar museus e feiras de Ciências itinerantes.

Experimentos didáticos, em geral, precisam de coleta de dados numéricos das variáveis envolvidas, da visualização destes dados de forma gráfica e de eventual tratamento estatístico. Dependendo do experimento, o número de medições pode ser muito grande, dilatando a experiência e promovendo a introdução de diversos tipos de erros. Nestes tipos de experimentos são empregados sistemas de aquisição de dados, contendo conversores analógico-digitais, apoiados por atuadores e servomecanismos coordenados por um aplicativo de software de controle automático da aquisição de dados. Atualmente as TIDICs disponibilizam as ferramentas para a construção de todos esses meios tecnológicos mencionados, com acesso aberto e custos muito reduzidos.

No contexto da produção de experimentos didáticos têm-se os conceitos de aquisição de dados, processos de automação e também processos de controle de servomecanismos, atuadores e outros sistemas. A automação e o controle de processos e sistemas podem ser implementados por meio de ambientes de desenvolvimento integrado de software e hardware tanto de acesso aberto como proprietários. Para o presente produto educacional foi empregado o LABVIEW (acrônimo para Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) da empresa National Instruments (NI), que é uma plataforma de projeto de sistemas e ambiente de desenvolvimento para uma linguagem de programação visual.

A linguagem gráfica é chamada de “G” e foi originalmente desenvolvida pela empresa National Instruments. O Labview é comumente usado para aquisição de dados, controle de instrumentos e automação industrial em uma variedade de sistemas operacionais, incluindo Microsoft Windows, bem como várias versões de Unix, Linux, e mac OS.

Algumas das motivações vindo dos professores para a implantação de metodologias propostas para o Ensino Médio, vem por diversos motivos e situações existentes atualmente no Ensino Público em geral no Tocantins, que podemos mencionar alguns dos pontos que dificultam o Ensino-Aprendizagem como: Estrutura Física, Kits Multimídia, Notebooks, Datashow, Smart TV, Lousa Digital, Laboratórios de Informática, Matemática, Física, Química e Robótica. Levando em consideração essas dificuldades que encontramos nas escolas públicas, veio a motivação de uma metodologia significativa da aprendizagem, e usando uma tecnologia de baixo custo, fácil acesso e compreensão.

Foi usado a plataforma de prototipagem Arduíno, que possui um software livre, gratuito e fácil de baixar na internet, manuseio leve, prático, pequeno e com inúmeros acessórios (Sensores, *Shields* e Controladores) para aparecer ideias infinitas para um bom aprendizado em conteúdos em Física e demais disciplinas afins. Esses mesmos equipamentos já são fabricados no Brasil e no mundo e pode ser encontrados em qualquer loja de eletrônica de pequeno e médio porte.

A proposta desse produto educacional, é a confecção, desenho e explicação de um protótipo usando as tecnologias e programações em Arduíno para o professor transmitir conteúdos de Física na teoria e prática para os estudantes do Ensino Médio das escolas públicas federais, estaduais e municipais, podendo ser estendido para outras plataformas de ensino gratuito e até profissionalizante. Por meio da metodologia de aprendizagem significativa proposta por David Ausubel, no qual seria a construção de um protótipo de um sistema de irrigação automático utilizando a plataforma Arduíno, com transmissão e aquisição de dados por rádio frequência por intermédio de módulos Xbee.

E como objetivo geral deste produto educacional foi a construção de um protótipo com uso da tecnologia acessível e barata para abordar os conteúdos de Física do Ensino Médio das escolas públicas de forma significativa no processo de Ensino-Aprendizagem, afim de melhorar os índices educacionais e resultados nas escolas públicas.

Os objetivos específicos desta pesquisa é usar uma metodologia de ensino-aprendizagem significativa para dois níveis de turmas, 3^a série e 2^a série do Ensino Médio de uma escola pública 100% presencial num período pós-pandemia em uma escola de zona rural do interior do estado do Tocantins, construir uma sequência de aulas com conteúdos de Física relacionados à construção do produto educacional, aplicar uma metodologia à base de experimento, motivar os estudantes na construção do conhecimento, montar laboratórios de baixo custo nas escolas públicas e melhorar o processo de Ensino-Aprendizagem.

O produto educacional foi escolhido em comum acordo entre orientador e orientando, o produto no qual foi selecionado, teria que conter conteúdos relacionados à Física do Ensino Médio, com baixo custo e tecnologia em automação. Foi indicado para os estudos, fazer um sistema de irrigação automático utilizando a plataforma prototipagem Arduíno, interligados a um módulo que faz a transmissão e aquisição de dados por intermédio de ondas de rádio frequência. A escola selecionada para esse projeto fica localizada na zona rural, da cidade de Sítio Novo do Tocantins, no estado do Tocantins, sendo esta de Ensino Fundamental II e Ensino Médio, denominada Escola Estadual Raimundo Nonato Leite.

A instituição de Ensino fica localizada no povoado Olho D'água do Coco, à aproximadamente 6 km de distância do centro da cidade de Sítio Novo do Tocantins, e contem cerca de 300 famílias, com cerca de 1100 habitantes. Nesse povoado, também possui uma Escola Municipal que funciona para a comunidade até o Ensino Fundamental I. A escola onde foi aplicado o produto educacional, possui 97 estudantes matriculados em 2022.

Na sequência do trabalho de pesquisa, é descrito a metodologia aplicada, fundamentado na Aprendizagem Significativa, conceitos relevantes sobre a instrumentação física envolvida no produto, os conceitos físicos envolvidos, a dinâmica de aplicação do produto e os resultados alcançados.

Capítulo 1

Fundamentação Teórica

O presente produto educacional baseia-se, na perspectiva de David Ausubel, na proposta de uma teoria cognitiva da aprendizagem significativa, que se opõe à memorização aleatória de informações. Esta escolha do referencial teórico vem pela necessidade de aprender com propriedade no Ensino Médio, e que deve se estender para os demais níveis de Ensino.

O foco é propiciar que o processo de Ensino-Aprendizagem seja significativo, no Nível Médio, a partir de um projeto de construção de um produto educacional cujo foco é um sistema de irrigação controlado, configurado, programado e monitorado por uma plataforma de prototipagem chamada de Arduíno.

Ele faz todo o controle e aquisição de dados à distância, utilizando um módulo que transmite todas as informações por meio de ondas eletromagnéticas de rádio frequência, em diferentes níveis de regulagem, para atender com eficiência e rapidez as necessidades de cada plantação, como hortaliça, por exemplo.

Trata-se de importantes esquemas que unem conhecimentos de programação, de uso e controle de sensores, e muitos outros elementos sofisticados, mas que podem estar no dia a dia dos agricultores.

Do ponto de vista científico, podemos abordar e trabalhar diferentes assuntos, no campo da Física, nesse estudo que qualifica o professor do Nível Médio, em nível de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), e acaba unindo a pesquisa acadêmica e a evolução dos métodos de ensino na rede da Educação Básica.

Ele, [19] considera a importância de adquirir e reter conhecimentos por meio de um processo de Ensino-Aprendizagem dinâmico e integrativo, em que ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz se relacionam às novas ideias, apresentadas a ele, dentro das práticas formais de instrução escolar.

Trata-se de ancorar novos conhecimentos àqueles que compõem a estrutura cognitiva de cada estudante, de forma sequencial e hierárquica, organizada e relacionada à ideias semelhantes que fundamentam a construção de novos conhecimentos, o que requer tempo e esforço, tanto de quem ensina quanto de quem aprende conteúdos escolares utilizando essa teoria de aprendizagem.

Nessa forma de aprendizado, é importante enfatizar que apenas o material

físico de estudo não é suficiente para a Aprendizagem Significativa, mesmo que esse material seja potencialmente significativo. É preciso, aliá-lo à intenção do estudante, em querer relacionar os novos conhecimentos com o que ele já sabe, anteriormente:

“Aprendizagem Significativa ocorre, portanto, quando uma nova informação entra em relação com os conhecimentos prévios do indivíduo, ou seus subsunçores, para dar origem a novos conhecimentos que adquirem novos significados, no decorrer de um processo de assimilação cognitiva. Essa relação, da estrutura cognitiva com um material ou conteúdo, permite a assimilação por meio do que é concebido por inclusão obliterado”. [19]

No caso do produto educacional que ora se apresentam conteúdos dentro do campo de conhecimento da Física, recortada para o Ensino Médio, no meio de algo maior: um programa completo de irrigação automática que utiliza ondas de rádio frequência para controle, monitoramento, aquisição de dados e supervisão.

É esperado, com a aplicação do produto, que os estudantes “ganhem posse” de novos significados atrelados aos conceitos de ondas e frequência – na Física – e que compreendam a importância do conhecimento em diferentes áreas de aplicação da ciência, tão importante para o desenvolvimento da escola, comunidade e nação.

Isso, por si só, já justificaria a ênfase dada a construção do conhecimento por meio da Aprendizagem Significativa, mas o declínio nas abordagens de “aprendizagem por descoberta”, “aprendizado de processo (acontece a partir da aquisição de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes através do estudo, do ensino ou da experiência)”, “aprendizado de pesquisa” etc. somam-se ao rigor da apresentação do material instrucional, por considerar que é de responsabilidade do professor preparar, segundo a perspectiva de quem conhece “mais profundamente”, os conteúdos escolares aplicado em física.

Para o processo de construção do conhecimento pessoal, vem de um conhecimento prévio já integrado na memória de trabalho [16], que passa rotineiramente pelos sistemas afetivo e motor, que se agregam a uma memória de curto prazo ao longo do tempo, e isso podemos chamar de aprendizagem significativa.

Desta forma, segundo a teoria de [16], o estudante aprende à partir de conhecimentos prévios já sedimentados em sua estrutura cognitiva, ou seja, conceitos, proposições, ideias, esquemas, modelos e etc., já existentes, e que ele usa como base para a construção de novos. Sendo assim, subsunçores, conforme David Ausubel, seriam conhecimentos prévios já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, relevantes para aquisição de novos conhecimentos.

A apresentação da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) fica entregue ao próprio autor:

“Aprendizagem significativa por recepção envolve principalmente a aquisição de novos significados do material de aprendizagem apresentado. Requer um conjunto de aprendizado significativo e a apresentação de material potencialmente significativo para o aprendiz. Esta última condição, por sua vez, pressupõe (1) que o próprio material de aprendizagem pode ser não arbitrariamente (plausível, sensato e não aleatório) e não-textual relacionado a qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante (Possui significado “lógico”) e (2) que a estrutura cognitiva do aprendiz particular contém ideias de ancoragem relevantes às quais o novo material pode ser relacionado. A interação entre significados potencialmente novos e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados reais ou psicológicos. Como a estrutura cognitiva de cada aluno é única, todos os novos significados adquiridos são, por si só, únicos”. [16], p. 15

No mais, apresentam-se a seguir tipos de aprendizagem significativa (por recepção), explicada por [19]:

A representacional, mais próxima da aprendizagem mecânica, se dá quando símbolos arbitrários são trazidos a uma ordem de significados cujos referentes – objetos, conceitos ou eventos – ganham significados para aquele que aprende.

A proposicional, ou Aprendizagem Significativa por proposições verbais, é mais do que aprender o significado das palavras, pois serve à representação, na medida em que une novos significados com ideias pré-existentes na estrutura cognitiva. Relaciona-se, portanto, conteúdo de uma nova proposição à ideias relevantes já estabelecidas na estrutura cognitiva do estudante. A aprendizagem proposicional pode ser de três tipos: subordinada, superordenada ou combinatória. São aprendizagens típicas de aprendizagem por recepção, em que os conteúdos são apresentados na forma de uma proposição substantiva que deve ser entendida e lembrada, sem “ser descoberta” por aquele que aprende, já que o conhecimento delimitado pelo produto se insere no conteúdo escolar.

No caso específico da Aprendizagem Significativa por recepção, [16] diz ser:

“inerentemente um processo ativo porque requer, no mínimo (1) o tipo de análise cognitiva necessária para verificar quais aspectos da estrutura cognitiva existente são mais relevantes para o novo material potencialmente significativo; (2) algum grau de reconciliação com as ideias existentes na estrutura cognitiva - isto é, aprendendo semelhanças e diferenças, e resolvendo contradições reais ou aparentes, entre conceitos e proposições novos e já estabelecidos; e (3) reformulação do material de aprendizagem em termos do background intelectual idiossincrático e do vocabulário do aluno em particular”. [16], p. 19

Disso decorre a exigência de condições mínimas para que ocorra a aprendizagem ativa de recepção significativa – tida como ensino expositivo que permita a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa nos materiais instrucionais.

Os processos devem organizar materiais e, conseqüentemente, as estruturas cognitivas de quem aprende, hierarquicamente, em termos de nível de abstração envolvido. São as idas (diferenciação) e vindas (reconciliação) que propiciam a autonomia intelectual conseguida por meio do ensino formal, diretamente proporcional ao quanto o domínio de um conteúdo facilita o regate imediato, e uso em situações para além daquelas em que o conhecimento foi construído.

Tudo isso não pode prescindir de professores com formação adequada para viabilizar o processo e, de estudantes dispostos a investir tempo e método no próprio processo de aprendizagem.

Por isso também a defesa de que o ensino formal passa, necessariamente, pela aquisição de conhecimento, primariamente por meio de uma manifestação de aprendizado de recepção, ou que o conteúdo principal é apresentado ao aprendiz por meio do ensino expositivo por um único professor, para muitos estudantes, na mesma sala de aula.

Ter, equivocadamente, que o ensino por recepção deve ceder lugar a aprendizagem por descoberta não melhorou os índices educacionais, e decorrem de irrelevância ou de ineficiência de um modelo mal compreendido e/ou aplicado.

Não surpreende, portanto, que aprendizagem por recepção seja traduzida por diversas situações de insucesso na adequação do método, que talvez nem chegue a ser compreendido por quem, supostamente, deveria incorporá-lo como prática à educação.

Por isso é tão importante compreender a fundamentação da TAS, a fim de não apresentar para os estudantes fatos arbitrariamente não relacionados, desorganizados, sem princípios explicativos, que fatalmente impedem a integração do novo aos materiais anteriormente apresentados.

Sobre o processo de assimilação na Aprendizagem Significativa e retenção, [16] elenca as fases e elos que compreende o processo:

“A aprendizagem significativa constitui apenas a primeira fase de um processo de assimilação maior e mais inclusivo, que também consiste em sua fase sequencial natural e inevitável de retenção e esquecimento. A Teoria da Assimilação explica como, na fase de aprendizado, novas ideias potencialmente significativas no material instrucional estão seletivamente relacionadas (ancoradas) a ideias existentes relevantes e também mais gerais e inclusivas (assim como mais estáveis) na estrutura cognitiva. Estas últimas novas ideias interagem com as ideias de ancoragem relevantes e o principal produto dessa interação torna-se o significado para o aprendiz

das ideias instrucionais recém-introduzidas. Esses novos significados emergentes são então armazenados (ligados) e organizados no intervalo de retenção (memória) com suas correspondentes ideias de ancoragem”. [16], p. 21

Sem esquecer dos processos assimilativos e do esquecimento, normais, e que permeiam a Aprendizagem Significativa, chega-se a compreender que ancoragem, indissociabilidade e perseverança do conhecimento estão associadas ao uso, recorrência e novas construções. Assim, a redução gradual das ideias relacionadas ocorrem à subsunção obliterativa, mas é comum que o resgate de conceitos apreendidos de forma significativa sejam rapidamente recuperados, num tempo posterior.

É a partir de uma estrutura cognitiva clara, estável e adequadamente organizada, que significados precisos e não ambíguos emergem e possibilitam a indissociabilidade de conceitos.

Esta é uma forma de ver a essência do processo educacional: a tentativa deliberada de influenciar a estrutura cognitiva com fins de maximizar a aprendizagem e a retenção significativa, bem como a transferência de significados. Assim, nas palavras de [16]:

“em qualquer disciplina dada, a estrutura cognitiva do aprendiz pode ser influenciada (1) substantivamente, pela inclusividade, poder explicativo e propriedades integradoras dos conceitos e princípios unificadores particulares apresentados ao aprendiz; e (2) programaticamente, por métodos apropriados de apresentação, organização e teste para a aquisição significativa de assunto, usando material instrucional adequadamente programado e pré-testado, e manipulando adequadamente tanto as variáveis cognitivas quanto as motivacionais-personalidade-sociais”. [16], p. 24

Com relação às diferentes habilidades dos estudantes, em processar ideias potencialmente significativas, e a necessidade de um único professor atender a muitos estudantes, parece-nos mais razoável não desfocar o processo dos conteúdos a serem apreendidos em ambiente escolar.

É preciso refletir muito sobre a aprendizagem com foco no estudante, o que significaria, na verdade, desfocar no conteúdo a ser apresentado em sala (devido ao grande número de estudantes) – e compreender o porque de a TAS enfatizar o processo e a responsabilidade de o objetivo do professor ser o conteúdo a ser apresentado e/ou assimilado.

Deve-se considerar, então, o espaço do Ensino Escolar, o nível geral de desenvolvimento ou capacidade intelectual de cada estudante, que deve ser proporcional à idade e ao atendimento as etapas de escolarização. Também deve ser distinguida da prontidão e disponibilidade de cada indivíduo, por depender

de ideias específicas do assunto, ou mesmo, do grau de sofisticação, essencial para a compreensão e manipulação de novas ideias relacionadas, numa mesma área ou subáreas do conhecimento.

Assim, diferente das variáveis da estrutura cognitiva, a prontidão cognitiva não é determinada pelo estado existente do conhecimento da matéria-prima do aprendiz em um dado campo, mas pela sua maturidade cognitiva ou pelo nível qualitativo da aprendizagem e o funcionamento intelectual necessário para realizar a tarefa de aprendizagem em mãos com um grau razoável de esforço e probabilidade de sucesso. Este grau de prontidão para o desenvolvimento obviamente não ocorre na ausência de estimulação intelectual apropriada do ambiente (por exemplo, de casa ou da escola).

A TAS considera a necessidade de compreender que impor prematuramente aos estudantes tarefas de aprendizagens, as quais eles não estejam preparados, implica em não aprender, ou aprender com dificuldade, não relacionada, além de causar medo e propiciar o abandono de tentativas posteriores, por parte deles [16].

Daí a preocupação de que as atividades do produto sejam gradativas e sequenciadas de forma a potencializar a aprendizagem, e influenciar a prontidão do desenvolvimento cognitivo, que compreende alargar e tornar complexo o campo cognitivo, propiciar diferenciação, precisão e especificidade dos significados, dar a compreender conceitos em ordens mais abstratas e superiores de raciocínio, hierarquizando intencionalmente o processo a que os estudantes serão submetidos, de preferência, por opção própria.

Isso torna a educação refém, no bom sentido, da Aprendizagem e Retenção Significativa por recepção, por serem esses os “mecanismos humanos por excelência para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas por qualquer campo do conhecimento” [16], p. 29. Por isso, a TAS dá suporte a escolha do método utilizado para a construção de aulas, em vídeos curtos, sobre o conteúdo escolhido para subsidiar parte do conhecimento de Física envolvido na pesquisa.

Outra leitura que suporta a visão dos estudantes como parte do processo pedagógico e a avaliação da aprendizagem como um foco importante de ser compreendido, por vincular a ação docente à aprendizagem que se permite construir em sala de aula é [17], que leva a discussão da avaliação à construção da cidadania:

“Temos investido em formar cidadãos? Aqui, do ponto de vista constitutivo do ser humano, o fato fundamental é que convivemos com os outros. Essa convivência expressa-se como uma forma de agir em relação aos outros e, como toda forma de agir, modifica, simultaneamente, tanto o meio em que o sujeito está inserido quanto o sujeito em si mesmo, constituindo-o como cidadão. Por meio da

ação da convivência, aprendemos a conviver e, portanto, a tornarmos cidadãos”. [17], p. 39

Neste ponto, já é possível perceber que “não podemos esquecer que o ser humano aprende pela ação e, para tanto, na prática educativa, há que se propor aos educandos atividades que sejam estimulantes e envolventes e, ao mesmo tempo, auxiliem sua formação como sujeitos e como cidadãos”. [17], p. 45

É neste ponto que o produto se traduz em um caminho que possibilita a Aprendizagem Significativa, respeitando o direito individual, perante a obrigação do Estado em prover a formação escolar no âmbito social, por meio das escolas pública.

Capítulo 2

Instrumentação Física

2.1 Os Módulos de Rádio Xbee

O módulo Xbee é uma placa de circuito impresso que se comunica via radiofrequência utilizando o padrão de comunicação de rede sem fio Zigbee. Isso permite que vários destes módulos possam conversar entre si em uma rede wireless, mesmo contidos em circuitos eletrônicos independentes.

Pode ser amplamente empregado em ambientes onde sejam requeridas redes de comunicação e transmissão de dados entre centrais eletrônicas que se encontram localizadas distantes umas das outras, eliminando a necessidade de linhas de comunicação físicas.

Além disso, permite que sejam desenvolvidas redes robustas, confiáveis e que possuam uma boa relação de custo-benefício.

Os módulos XBee, permite comunicações entre eles robustas e opera na frequência ISM (Industrial, Scientific and Medical), sendo aqui no Brasil 2,4 GHz (16 canais) e em outras partes do mundo, e não requerem licença para funcionamento.

Uma empresa americana de comunicações e tecnologia, localizada em Minnesota nos Estados Unidos, chamada de Digi International (a partir de 1989), lançou uma família de módulos de rádios compatíveis.

Dois modelos foram inicialmente introduzidos XBee de 1 mW de custo mais baixo e o XBee-PRO de 100 mW de maior potência. Desde a introdução inicial, vários novos rádios XBee foram introduzidos e lançados no mercado.

O módulo Xbee possui como características principais para operação e configuração:

1. Distância de alcance: 60m em ambiente fechado e até 1200m em ambiente aberto;
2. Frequência de trabalho: 2.4 GHz;
3. Taxa de dados: 250Kbps;
4. Tensão de alimentação: 2.8 à 3.4 VDC;
5. Corrente de transmissão: 45mA (3.3V);

6. Corrente de recepção: 50mA (3.3V);
7. Antena: Conector Integrado de Chicote, Chip ou U.FL, Conector RPSMA;
8. Potência de transmissão: 1mW (0dBm);
9. Dimensões: 2.438cm x 2.761cm;
10. Temperatura de operação: -40 to 85° C (industrial).

Vantagens dos Módulos Xbee

- Utilização em pequenos circuitos;
- Baixo consumo de alimentação;
- Várias opções de comunicações;
- Longa duração da bateria;
- Tem várias topologias em rede;
- Excelentes para automação em Wireless;
- Baixa alimentação;
- Protocolo tem excelentes propostas;
- Controle de diversos sistemas através de uma única rede;
- Fácil configuração;
- Rápida configuração;
- Ótimo custo-benefício.

Desvantagens dos Módulos Xbee

- Preço mais elevado comparado os outros componentes usado com Arduíno;
- Não encontramos facilmente como os demais componentes;
- Alguns modelos só importando;
- Demora com entrega na importação;
- Compra em sites de lojas estrangeiras.

Aplicações dos Módulos Xbee

Pelo fato de ser um equipamento de configuração relativamente simples e amplamente encontrado no mercado, o módulo Xbee pode ser empregado em uma gama de setores. Algumas funções realizadas por esse sistema encontram-se listadas a seguir:

- Segurança;
- Ventilação;
- Controle de iluminação;
- Aquecimento;
- Mouse e teclado;
- Joystick;
- Controle de processos;
- Gerenciamento de energia;
- Rastreamento de equipamentos;
- Telemetria de veículos e aeromodelos;
- Periféricos para computadores;

- E muito mais...

Tipos de Módulos Xbee

Em março de 2016, a família de rádio XBee era composta por:

- XBee 802.15.4
- XBee-PRO 802.15.4
- XBee DigiMesh 2.4
- XBee-PRO DigiMesh 2.4
- XBee ZB
- XBee-PRO ZB
- XBee ZB SMT
- XBee-PRO ZB SMT
- XBee SE
- XBee-PRO SE
- XBee-PRO 900HP
- XBee-PRO 900 (Legacy)
- XBee-PRO XSC (S3B)
- XBee-PRO DigiMesh 900 (Legacy)
- XBee-PRO 868
- XBee 865 / 868LP
- XBee ZigBee (S2C)
- XBee-PRO ZigBee (S2C)

Comunicação utilizada nos Módulos Xbee

Os primeiros xbee foram baseados no padrão IEEE 802.15.4 projetado para comunicação ponto-a-ponto e estrela em taxas de transmissão over-the-air de 250 kbit/s.

O IEEE 802.15.4 é um padrão técnico que define a operação de redes de área pessoal sem fio de baixa taxa.

Ele especifica a camada física e controle de acesso de mídia para LR-WPANs, e é mantido pelo grupo de trabalho IEEE 802.15 , que definiu o padrão em 2003.

2.2 O protocolo de comunicação Zigbee

Zigbee é uma especificação com base na norma IEEE 802.15.4 para um conjunto de protocolos de comunicação de alto nível usados para criar redes de área pessoal ou local (LAN) com módulos de rádio digitais, pequenos e de baixa potência, projetado para aplicações de pequena escala que precisam de conexões sem fio. Assim, Zigbee é uma rede sem fio, de baixa potência, baixa taxa de transmissão de dados e de grande proximidade (ou seja, curto alcance ou área pessoal).

Zigbee foi concebida em 1998, padronizada em 2003 e revisada em 2006, este protocolo opera na banda de rádio industrial, científica e médica (ISM): 2,4 GHz na maioria das jurisdições em todo o mundo.

2.2.1 Modos de operação

São classificados três tipos de dispositivos Zigbee:

1. **O coordenador:** é o dispositivo mais capacitado, ele forma a raiz da árvore da rede e pode fazer a ponte com outras redes. Existe precisamente um coordenador Zigbee em cada rede, pois é o dispositivo que inicia a rede originalmente. Ele armazena informações sobre a rede, incluindo atuar como centro de confiança e repositório para chaves de segurança;
2. **O roteador:** além de executar uma função de aplicativo, este tipo de dispositivo pode atuar como um roteador intermediário, transmitindo dados de outros dispositivos;
3. **O dispositivo final:** contém apenas a funcionalidade suficiente para falar com o nó superior (o coordenador ou um roteador). Ele não pode retransmitir dados de outros dispositivos. Esse relacionamento permite que o nó fique adormecido por uma quantidade significativa de tempo, proporcionando assim uma longa vida útil da bateria.

2.3 Comunicação serial entre módulos XBee

Por padrão, os dispositivos XBee são configurados para funcionar no modo transparente (AT): todos os dados recebidos pela entrada serial são enfileirados para transmissão de rádio e os dados recebidos sem fio são enviados para a saída serial exatamente como são recebidos, sem informações adicionais. Por esses motivos, os dispositivos que funcionam no modo Transparente possuem algumas limitações:

- Para ler ou gravar a configuração de um dispositivo no modo Transparente, é necessário fazer a transição do dispositivo para o modo Comando.
- Se um dispositivo precisa transmitir mensagens para dispositivos diferentes, é necessário atualizar sua configuração para estabelecer um novo destino. O dispositivo deve entrar no modo Comando para configurar o destino.
- Um dispositivo operando no modo Transparente não consegue identificar a origem de uma mensagem sem fio que recebe. Se for necessário distinguir

entre dados provenientes de dispositivos diferentes, os dispositivos de envio devem incluir informações extras conhecidas por todos os dispositivos para que possam ser extraídas posteriormente. Para fazer isso, deve-se definir um protocolo robusto que inclua todas as informações que você acha que precisa em suas transmissões.

2.3.1 Comandos AT

O objetivo do modo de comando é ler ou alterar a configuração do dispositivo XBee local. Cada módulo possui uma série de configurações, como canal ou ID de rede, que definem seu comportamento. Essas configurações são identificadas por dois caracteres, por exemplo: CH para canal e ID para ID de rede.

Para ler ou definir qualquer configuração do módulo XBee, deve-se enviar um comando AT. Cada comando AT começa com as letras “AT” seguidas pelos dois caracteres que identificam o comando que está sendo emitido e, a seguir, por alguns valores de configuração opcionais.

Comandos AT básicos

- AT : Este comando verifica a conexão com o módulo. É como perguntar “Você está aí?” (Are you There?) e o dispositivo deve responder “Sim”. Quando este comando é enviado, o módulo simplesmente responde OK. Se não vir um OK em resposta, provavelmente atingiu o tempo fora do modo de comando;
- ATCN : Este comando sai explicitamente do módulo do modo de comando. Nada pode ser digitado por um intervalo de 10 segundos, o dispositivo sairá automaticamente do modo de comando.
- ATWR : Este comando grava a configuração atual na memória não volátil para que persista na próxima vez que o dispositivo for ligado. Caso contrário, os parâmetros são restaurados aos valores salvos anteriormente após o dispositivo ser reinicializado.

2.3.2 Comunicação API

O modo de Interface de Programação de Aplicativos (Application Programming Interface API) fornece uma interface estruturada onde os dados são comunicados por meio da interface serial em pacotes organizados e em uma ordem determinada. Isso permite o estabelecimento de uma comunicação complexa entre dispositivos sem ter que definir um protocolo específico.

O modo API fornece uma maneira muito mais fácil de executar ações com limitações no modo AT:

- Uma vez que existem diferentes frames para diferentes finalidades (como configuração e comunicação), pode-se configurar um dispositivo sem entrar no modo de comando.
- Uma vez que o destino dos dados é incluído como parte da estrutura do frame API, pode-se usar o modo API para transmitir mensagens para vários dispositivos.
- O frame da API inclui a origem da mensagem para que seja fácil identificar de onde os dados vêm.

Vantagens do modo API

- Configurar dispositivos XBee locais e remotos na rede;
- Gerenciar a transmissão de dados sem fio para um ou vários destinos;
- Identificar o endereço de origem de cada pacote recebido;
- Receber o status de sucesso ou falha de cada pacote transmitido;
- Obtenção da intensidade do sinal de qualquer pacote recebido;
- Executar o gerenciamento e diagnóstico de rede avançados;
- Executar funções avançadas, como atualização remota de firmware, ZDO, ZCL etc..

Desvantagens do modo API

- Comprar diversos módulos Xbee com as mesmas especificações;
- Maior atenção na configuração de cada módulo;
- Maior investimento.

2.3.3 Estrutura de um frame API

Os pacotes de dados estruturados no modo API são chamados de frames. Eles são enviados e recebidos através da interface serial do dispositivo e contêm a própria mensagem sem fio, bem como algumas informações extras, como o destino, origem dos dados ou a qualidade do sinal.

Quando um dispositivo está no modo API, todos os dados que entram e saem do módulo por meio da interface serial estão contidos em frames que definem operações ou eventos dentro do dispositivo.

Um frame API tem a seguinte estrutura:

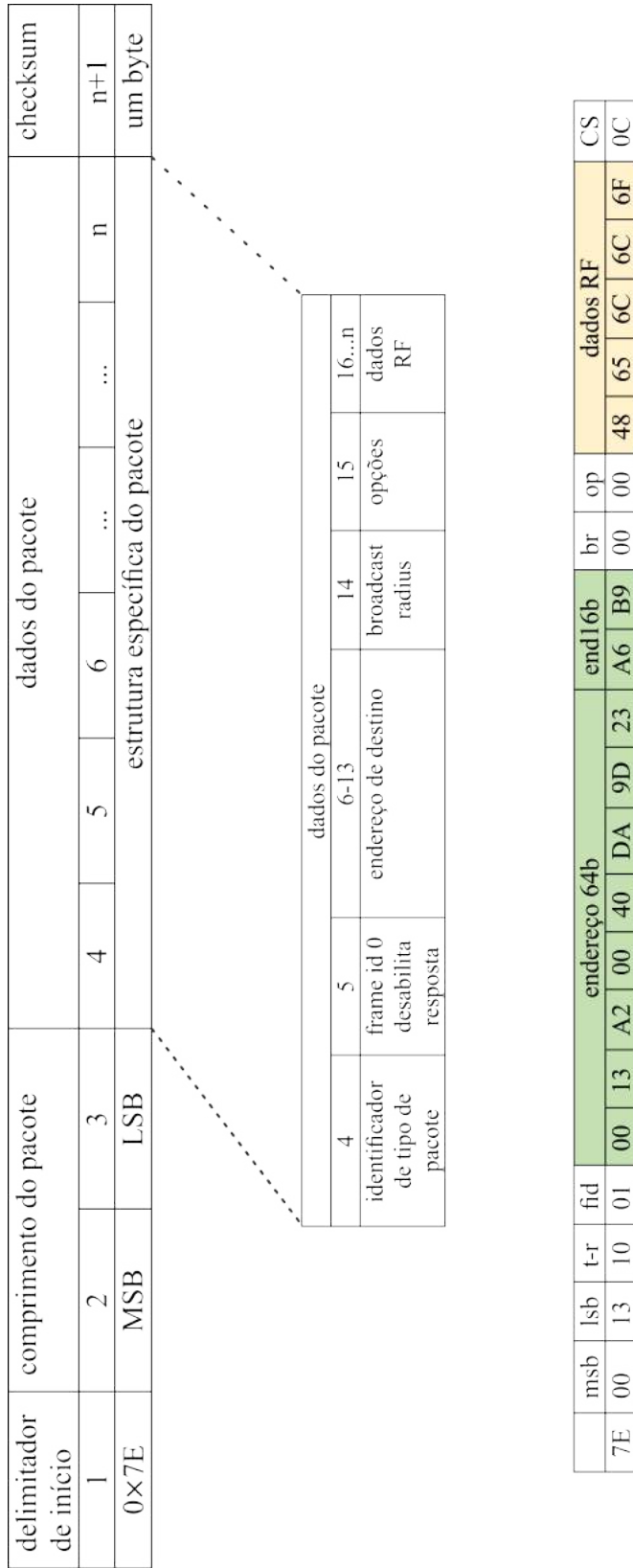


Figura 2.1: Estrutura geral de um pacote API do tipo 0 × 10, Transmit Request e exemplo de um frame.

No exemplo de pacote mostrado na figura 2.1,

- Lsb: $0 \times 13 = 19$ número de bytes exato entre comprimento do pacote e checksum;
- t-r: transmit request 0×10 ;
- fid: frame id 0×01
- br: broadcast radius 0×00 maximum hops value;
- op: opções 0×00 .

2.3.4 Comunicação básica

1. O dispositivo inteligente (host), neste caso o aplicativo em Labview, envia uma solicitação de transmissão (0×10) ou um quadro de comando de endereçamento explícito (0×11) para o módulo XBee A por meio da entrada serial para transmitir dados para XBee B.

2. O módulo XBee A, que é o coordenador, transmite sem fio os dados no quadro ou frame para o módulo configurado como destino no mesmo quadro; neste caso, o destino é XBee B.

3. O módulo XBee B remoto, ou roteador, recebe os dados wireless e envia pela saída serial um Receive Packet (0×90) ou um Explicit Rx Indicator (0×91), dependendo do valor da configuração das Opções API. Esses quadros contêm os dados recebidos pelo ar e o endereço de origem do módulo XBee que os transmitiu, neste caso o XBee A.

4. O módulo XBee B remoto transmite um pacote de confirmação do recebimento da transmissão sem fio com o status para o remetente, XBee A.

5. O módulo remetente XBee A envia um status de transmissão ($0 \times 8B$) por meio de sua saída serial com o status da transmissão para o XBee B.

6. O módulo Xbee possui uma taxa de transmissão de dados 250 Kbps com potência de 3.1mW (+5dBm).

Quadros ou tipos de frames de transmissão de dados API

Identificador API	Tipo de pacote	Descrição
0x08	AT Command : comando AT	Consulta ou define parâmetros no módulo XBee local
0x09	AT command : valor do parâmetro da fila	Consulta ou define parâmetros no Xbee local sem aplicar alterações
0x10	Transmit Request : Pedido de transmissão	Transmite dados sem fio para o destino especificado
0x11	Explicit Addressing Command Frame	Permite que os campos da camada de aplicativo Zigbee (endpoint e ID do cluster) sejam especificados para uma transmissão de dados sem fio
0x17	Remote AT Command Request	Consulta ou define parâmetros no módulo XBee remoto especificado
0x21	Create Source Rroute	Cria uma rota de origem no módulo
0x24	Register Joining Device	Registra um módulo com o Trust Center

Figura 2.2: Tabela que mostra os tipos de frames ou quadros de transmissão de dados API.

Quadros ou tipos de frames de recebimento de dados API

Identificador API	Tipo de pacote	Descrição
0×88	AT Command Response	Exibe a resposta ao quadro de comando AT anterior
0×8A	Status do modem	Exibe notificações de eventos como redefinição, associação, desassociação e assim por diante.
0×8B	Transmit Status	Indica sucesso ou falha na transmissão de dados sem fio
0×90	Receive Packet	Envia dados recebidos sem fio pela interface serial (AO = 0)
0×91	Explicit Rx Indicator	Envia dados recebidos sem fio pela interface serial quando o modo explícito está habilitado (AO 0)
0×92	IO Data Sample Rx Indicator	Envia dados IO recebidos sem fio pela interface serial
0×94	XBee Sensor Read Indicator	Envia amostra de sensor recebida sem fio (de um adaptador de sensor Digi de 1 fio) para fora da interface serial
0×95	Node Identification Indicator	Exibe a mensagem de identificação de nó recebida quando o modo explícito está desativado (AO = 0)
0×97	Remote AT Command Response	Exibe a resposta às solicitações de comando remoto AT anteriores
0×98	Extended Modem Status	Exibe o que está acontecendo durante a associação quando Verbose Join está habilitado (DC10)
0×A0	Over-the-Air Firmware Update Status	Fornecer uma indicação de status de uma tentativa de transmissão de atualização de firmware
0×A1	Router Record Indicator	Exibe as múltiplas esperanças de rota após um comando de registro de rota Zigbee
0×A3	Many-to-One Route Request Indicator	Indica que uma solicitação de rota muitos para um foi recebida
0×A5	Join Notification Status	Indica que um módulo tenta ingressar, reingressar ou sair da rede

Figura 2.3: Tabela que mostra os tipos de frames ou quadros de recepção de dados API.

2.4 Software XCTU

2.4.1 Baixando o software XCTU para configurar o Xbee

O software XCTU é uma aplicação gratuita com uma multi plataforma compatível com Windows, MacOS e Linux. Este dispositivo possui uma interface que permite a configuração e arquitetura de rede sem fio simples.

O XCTU é um aplicativo multiplataforma gratuito projetado para permitir que os desenvolvedores interajam com os módulos Digi RF por meio de uma interface gráfica simples de usar. Inclui novas ferramentas que facilitam a instalação, configuração e teste dos módulos XBee® RF.

Este software, o XCTU, conta ainda com uma extensão que permite realizar testes de comunicação entre módulos para validar range e envio de pacote de dados, onde permite o desenvolvimento simples e rápido de quadros de API de módulos XBee.

Veja todos os passos para baixar e executar o Software XCTU para configurar o Módulo Xbee.

PASSO 1 - Ir no site de busca e digitar “SOFTWARE XCTU”

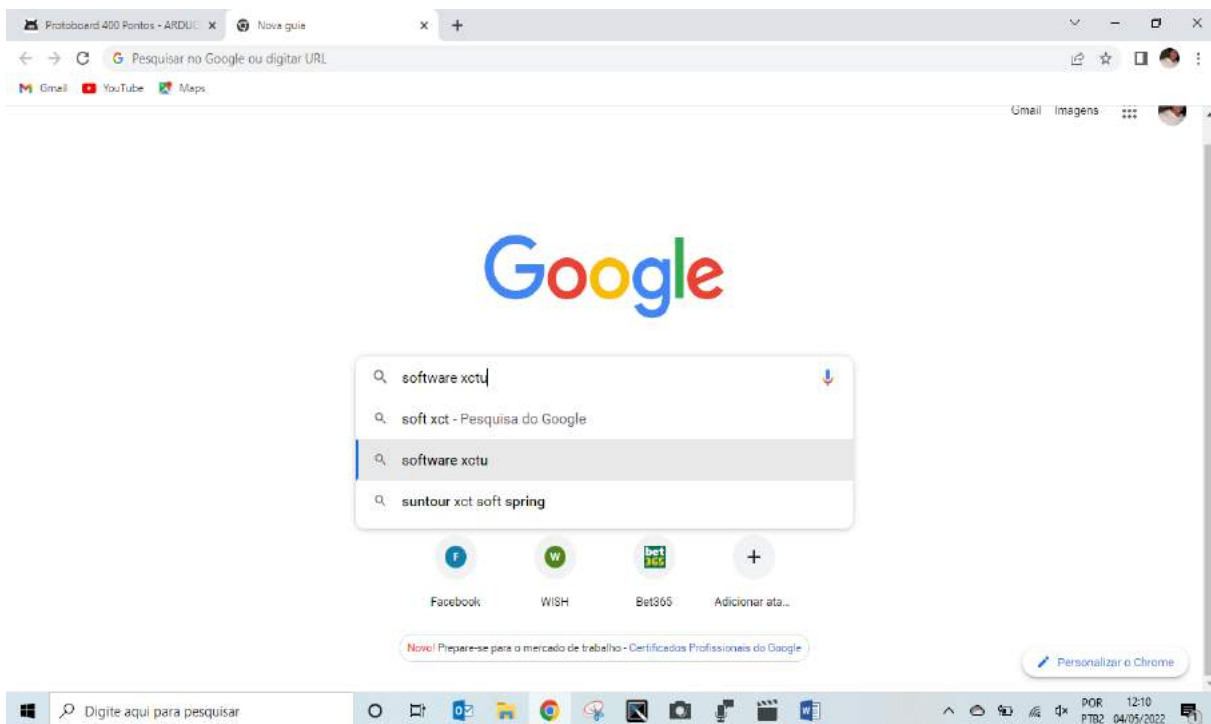


Figura 2.4: Fonte: Autor.

PASSO 2 - Clicar em “Download and install XCTU – Digi international”.

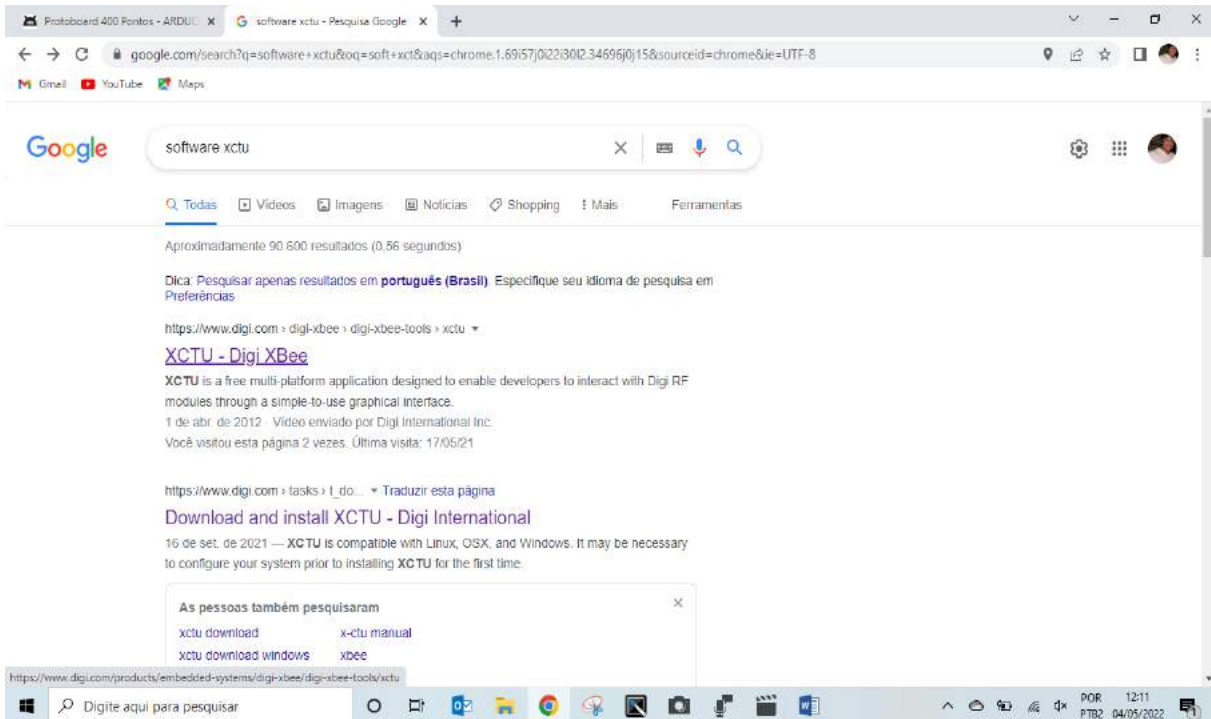


Figura 2.5: Fonte: Autor.

PASSO 3 - Quando entrar nesse ambiente, desça para encontrar o botão de download XCTU.

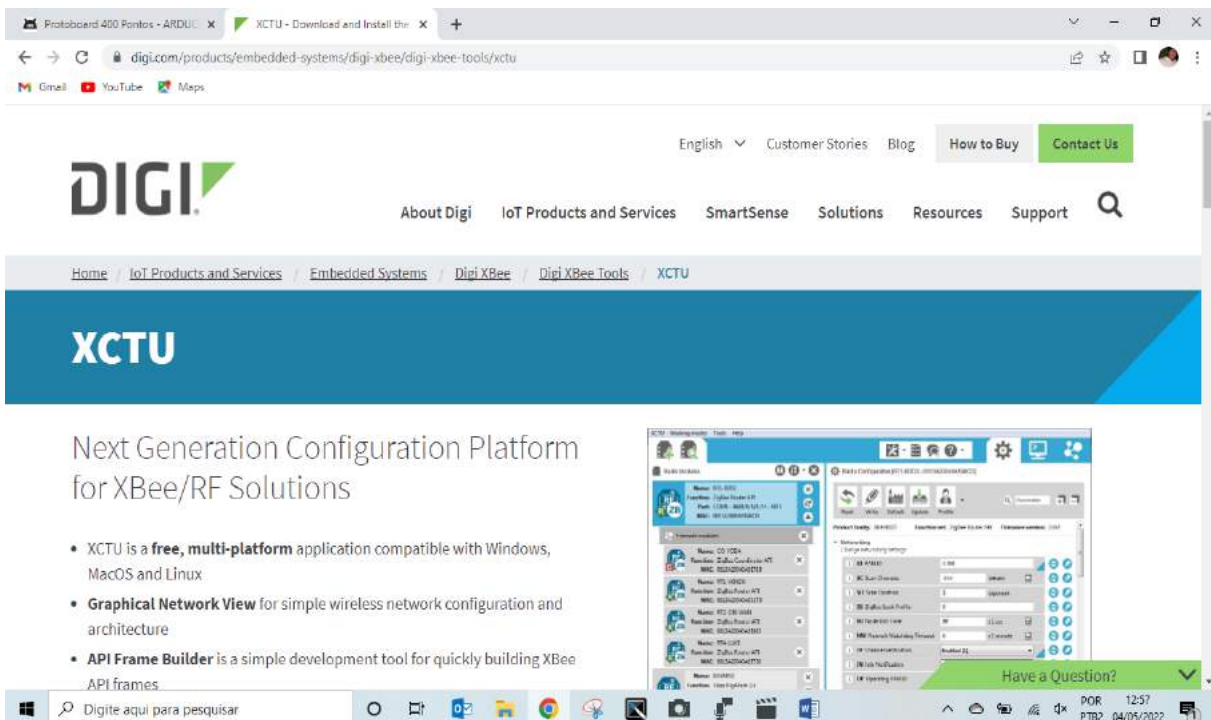


Figura 2.6: Fonte: Autor.

PASSO 4 - Clicar em “VISIT SUPPORT TO DOWNLOAD XCTU”.

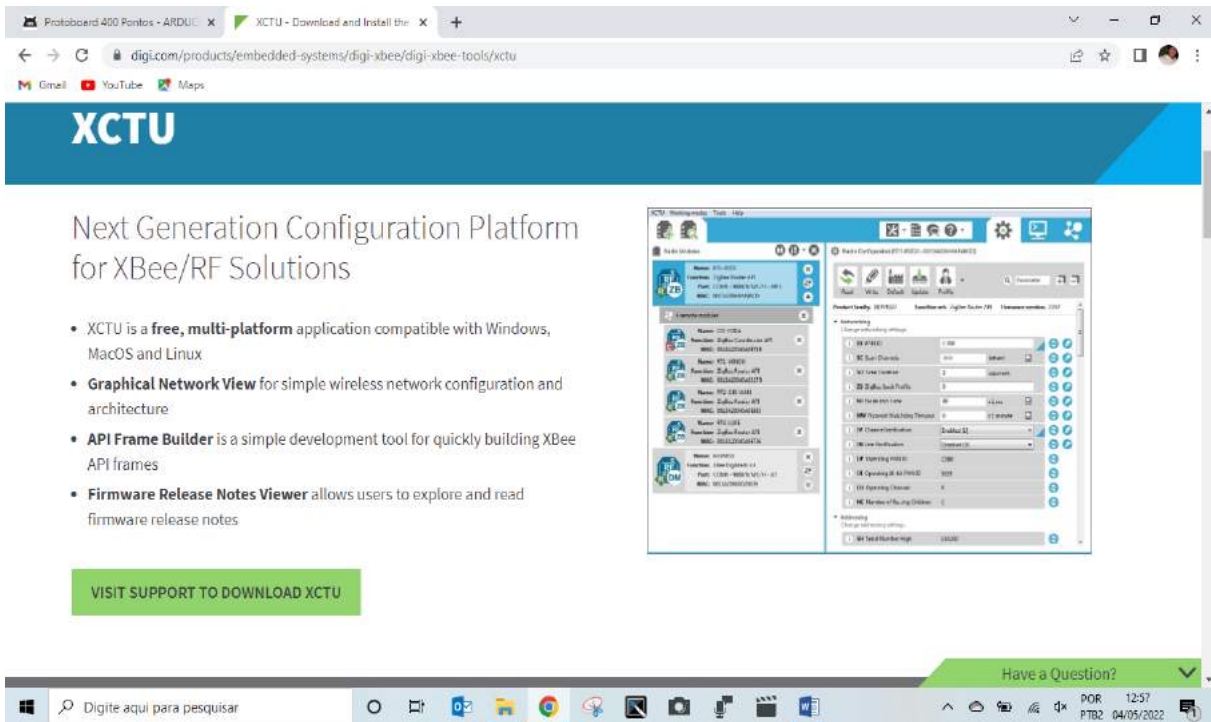


Figura 2.7: Fonte: Autor.

PASSO 5 - Descer até o fim dessa tela para encontrar “Recursos e Utilitários”.

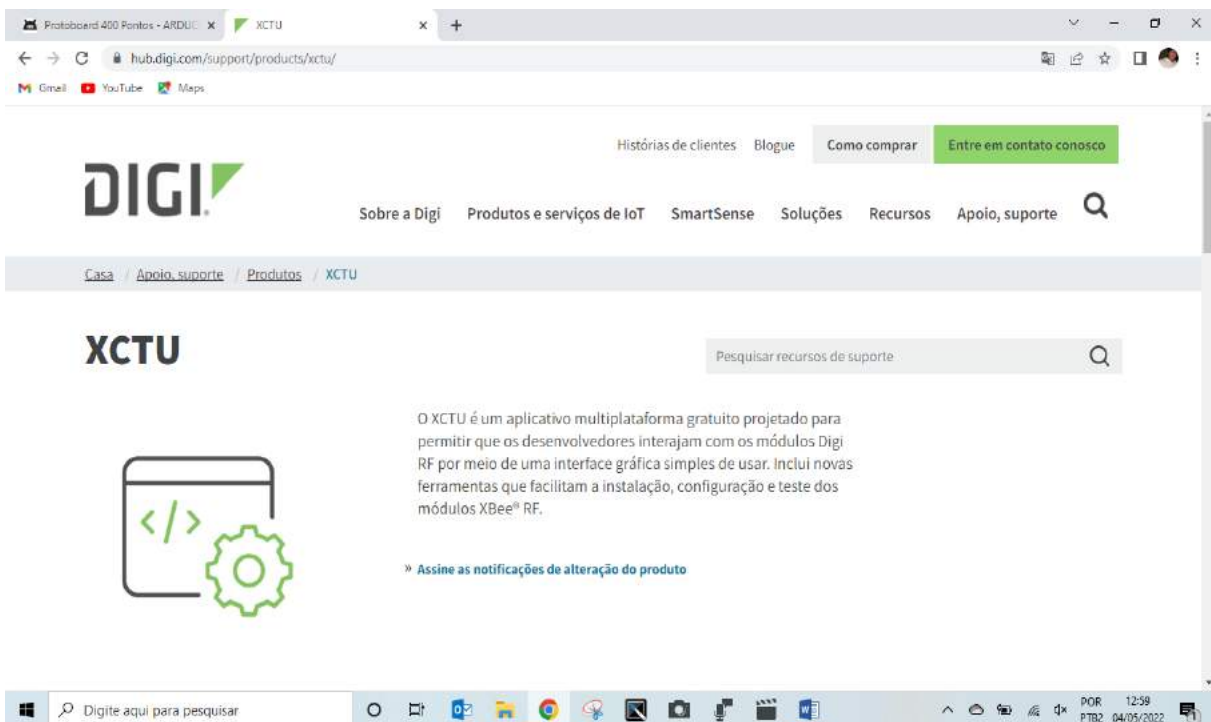


Figura 2.8: Fonte: Autor.

PASSO 6 - Procurar e baixar o XCTU conforme o sistema operacional de sua máquina.

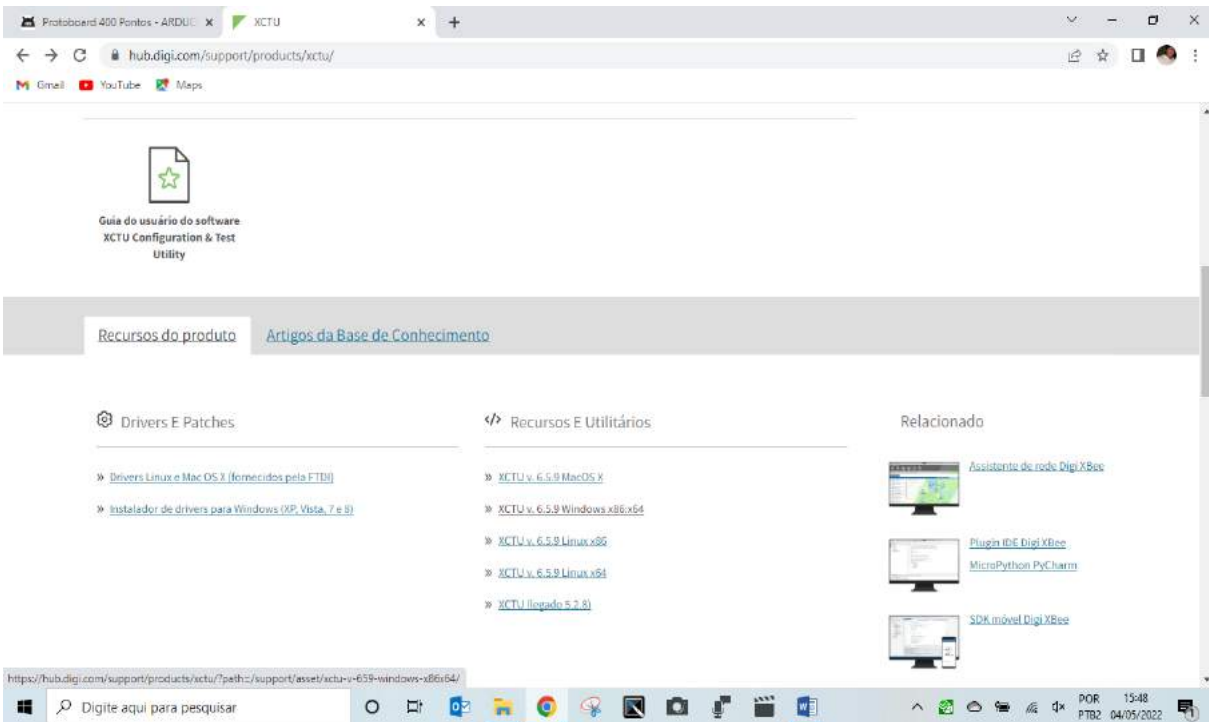


Figura 2.9: Fonte: Autor.

PASSO 7 - Após selecionar o tipo de sistema operacional conforme sua máquina, clicar em “download”.

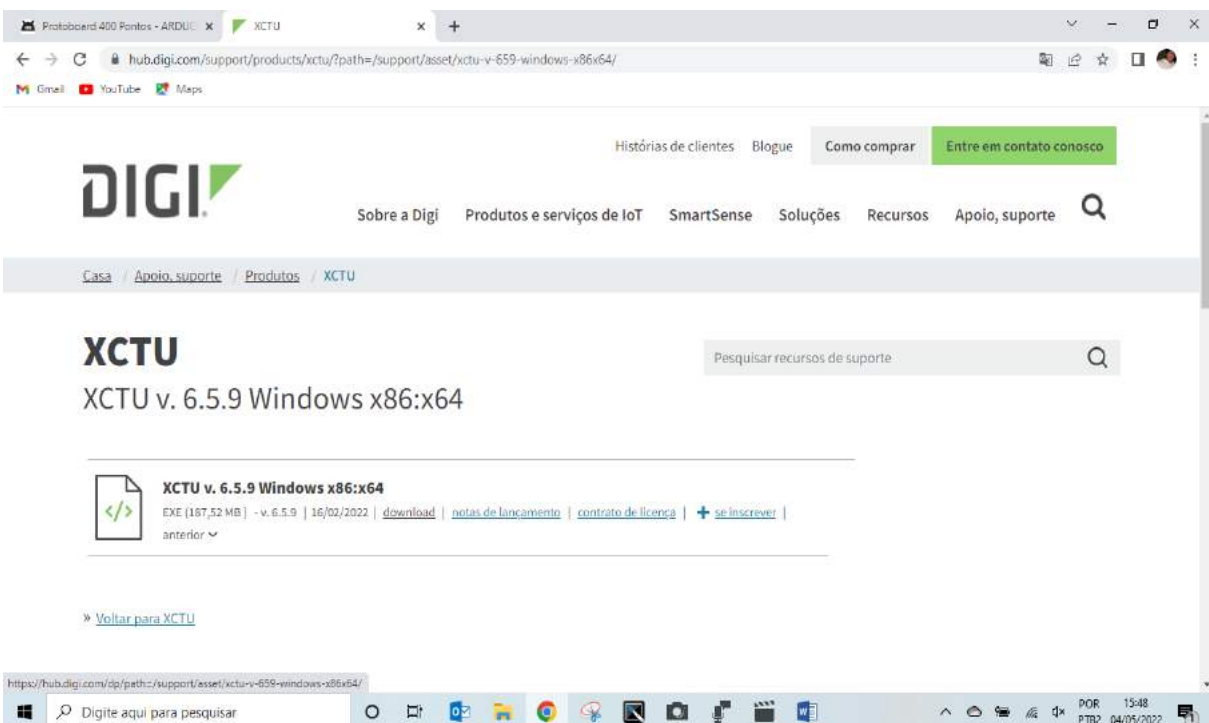


Figura 2.10: Fonte: Autor.

PASSO 8 - Aguarde enquanto está baixando o arquivo.

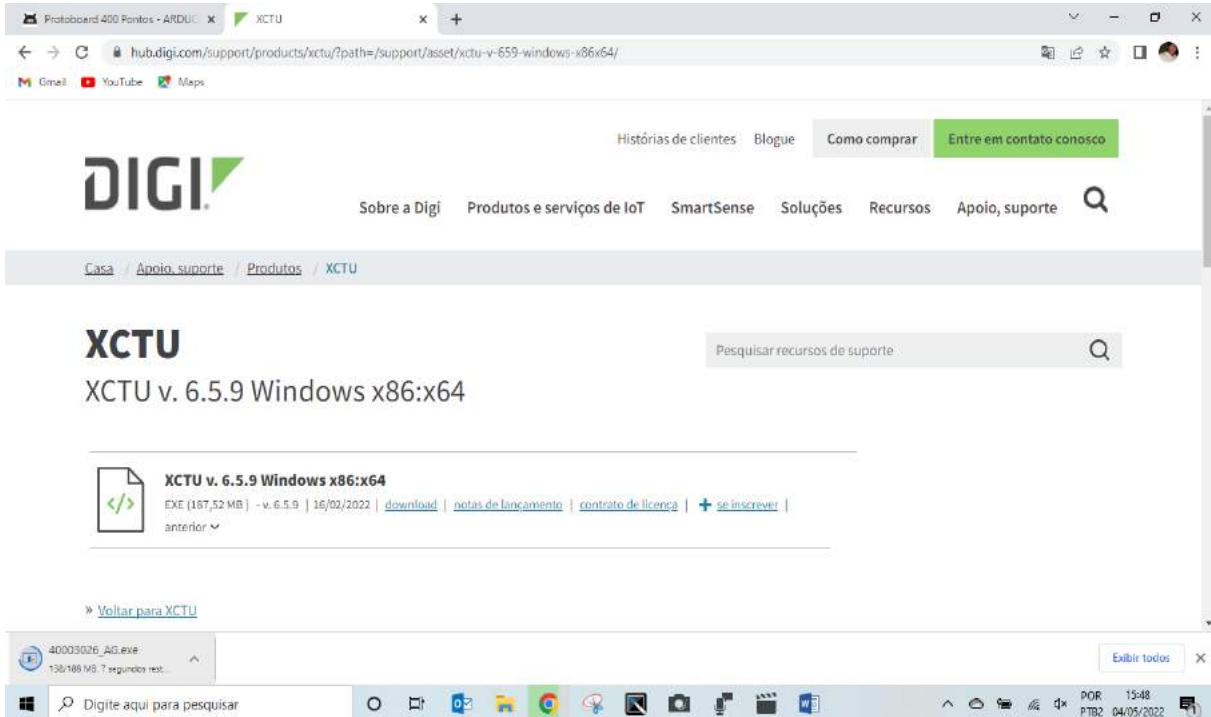


Figura 2.11: Fonte: Autor.

PASSO 9 - Após baixar o arquivo de execução do software, clicar no arquivo baixado no canto inferior esquerdo.

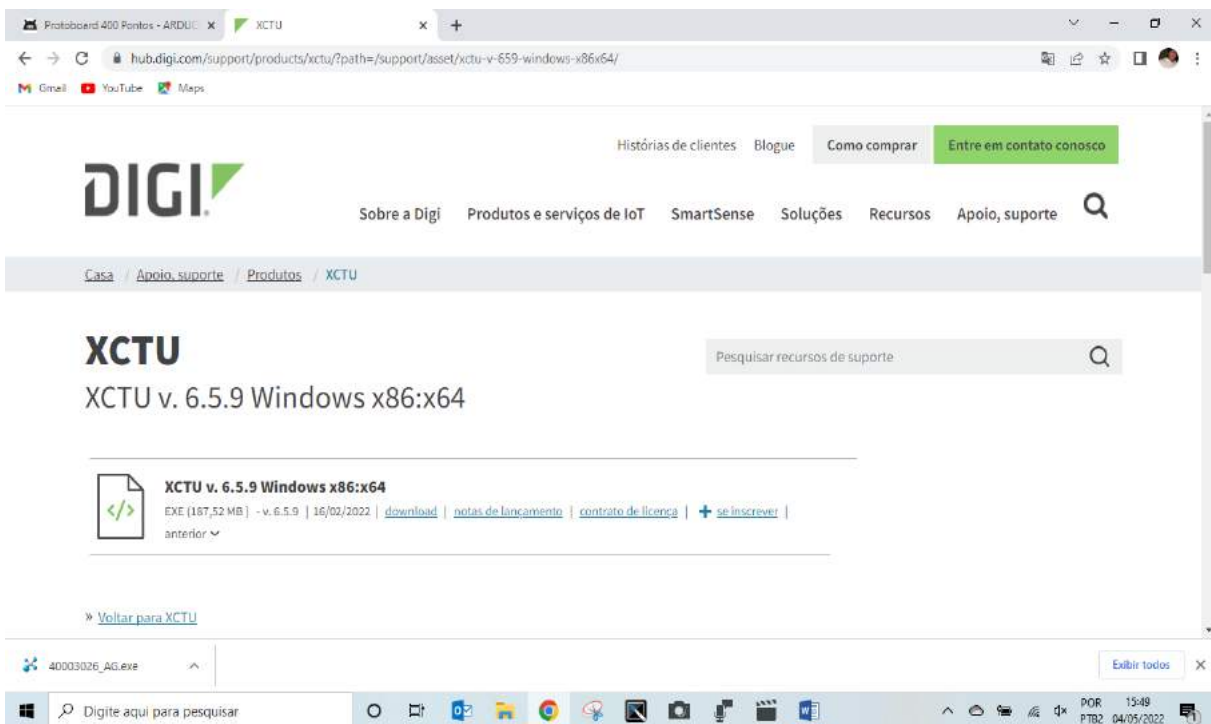


Figura 2.12: Fonte: Autor.

PASSO 10 - Clicar em “NEXT”.

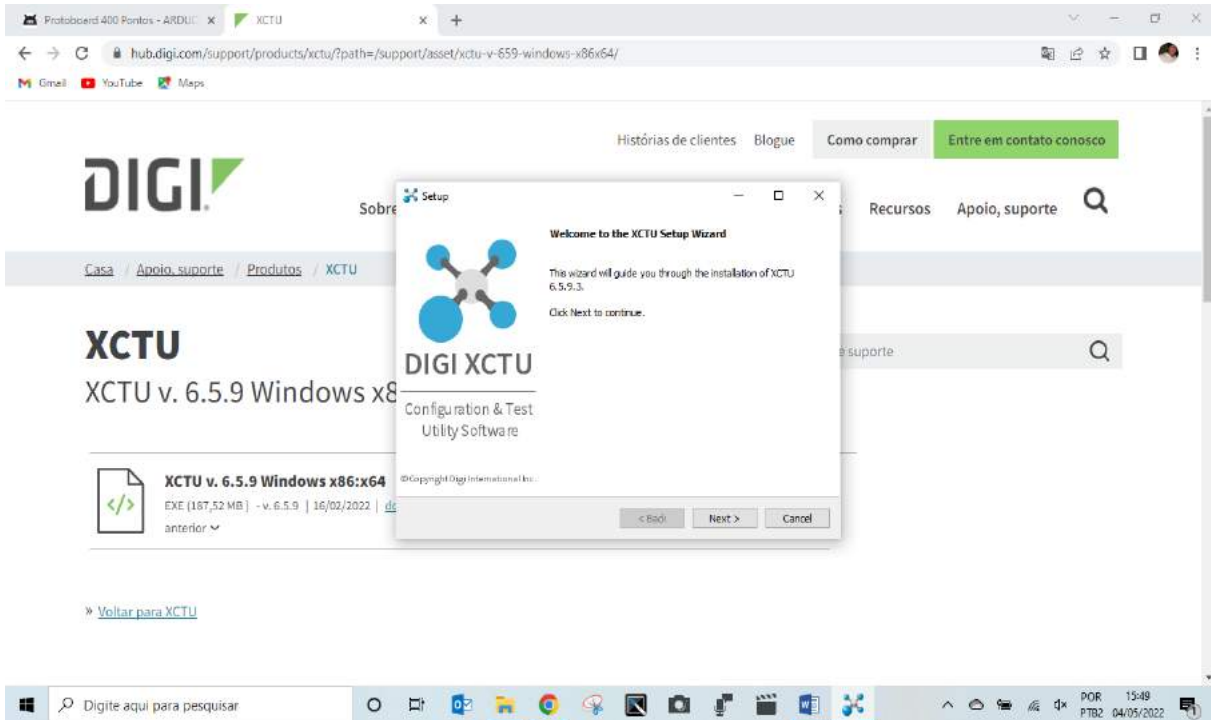


Figura 2.13: Fonte: Autor.

PASSO 11 - Clicar em “I accept the agreement”.

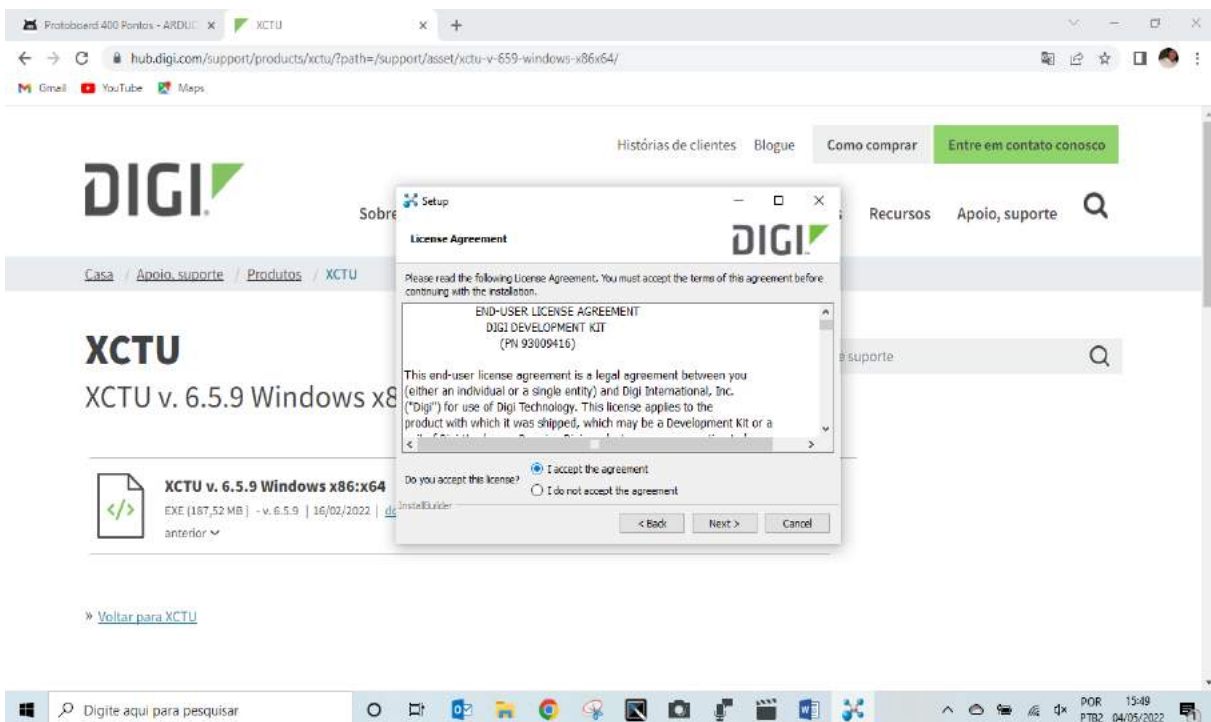


Figura 2.14: Fonte: Autor.

PASSO 12 - Clicar em “NEXT”.

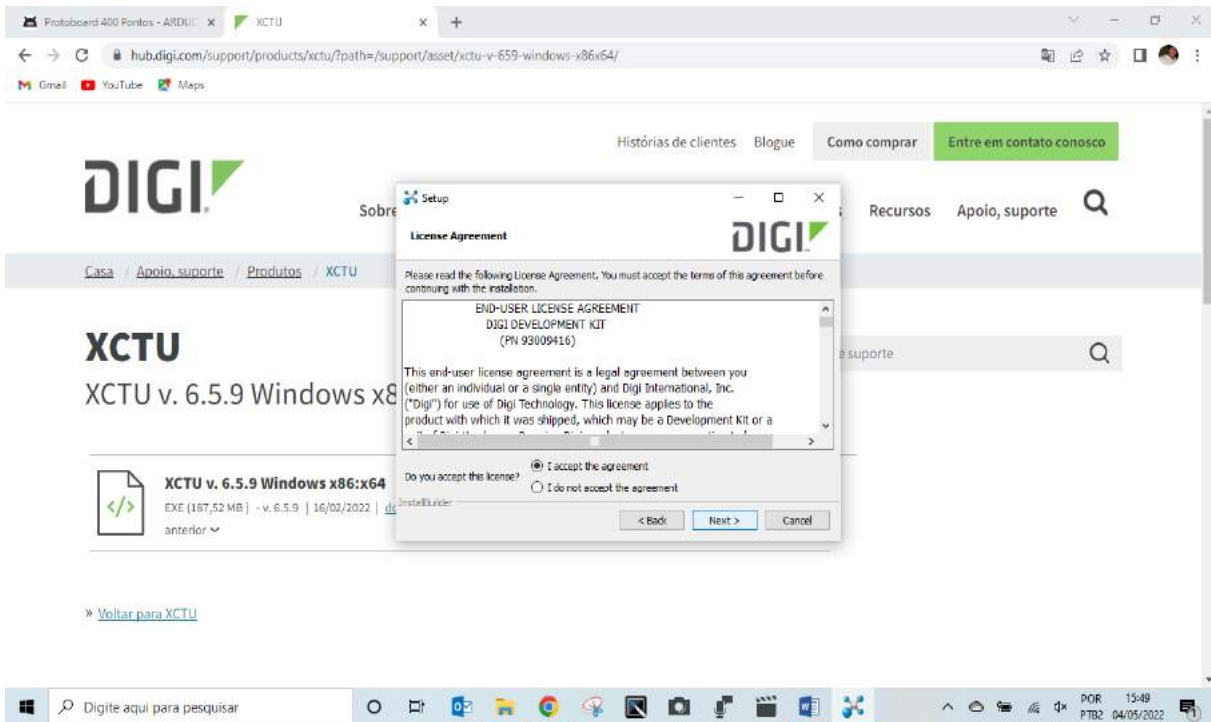


Figura 2.15: Fonte: Autor.

PASSO 13 - Clicar em “NEXT”.

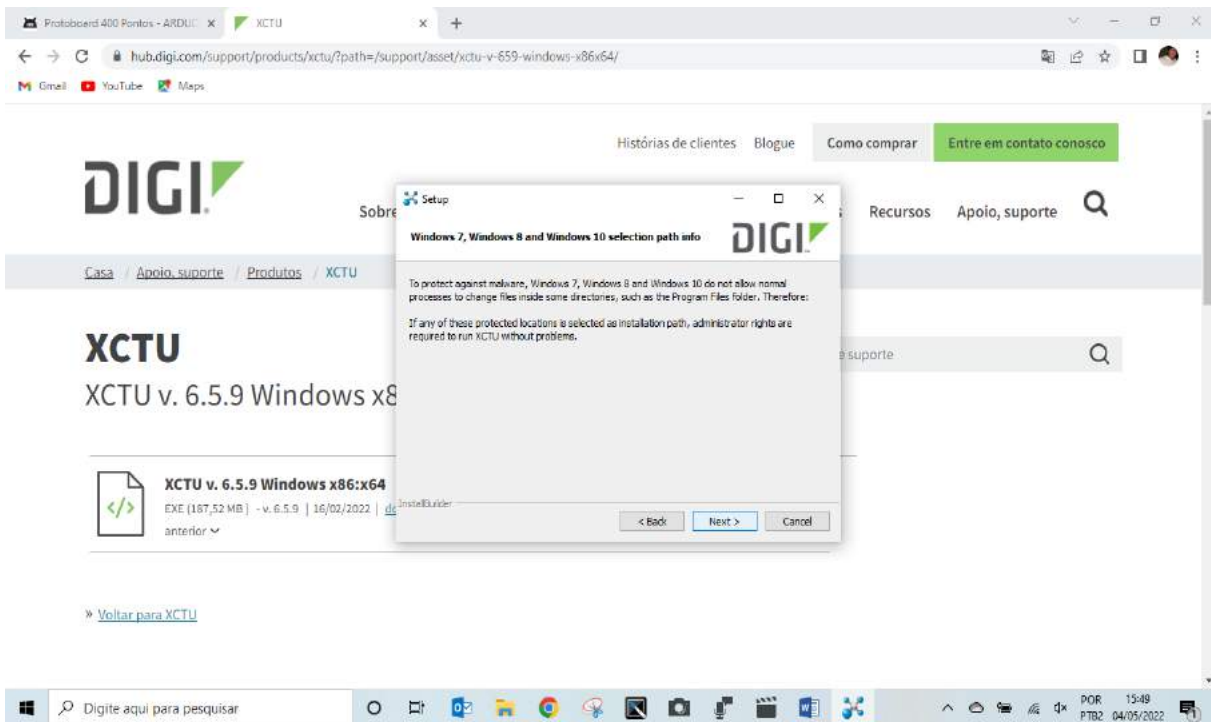


Figura 2.16: Fonte: Autor.

PASSO 14 - Clicar em “NEXT”.

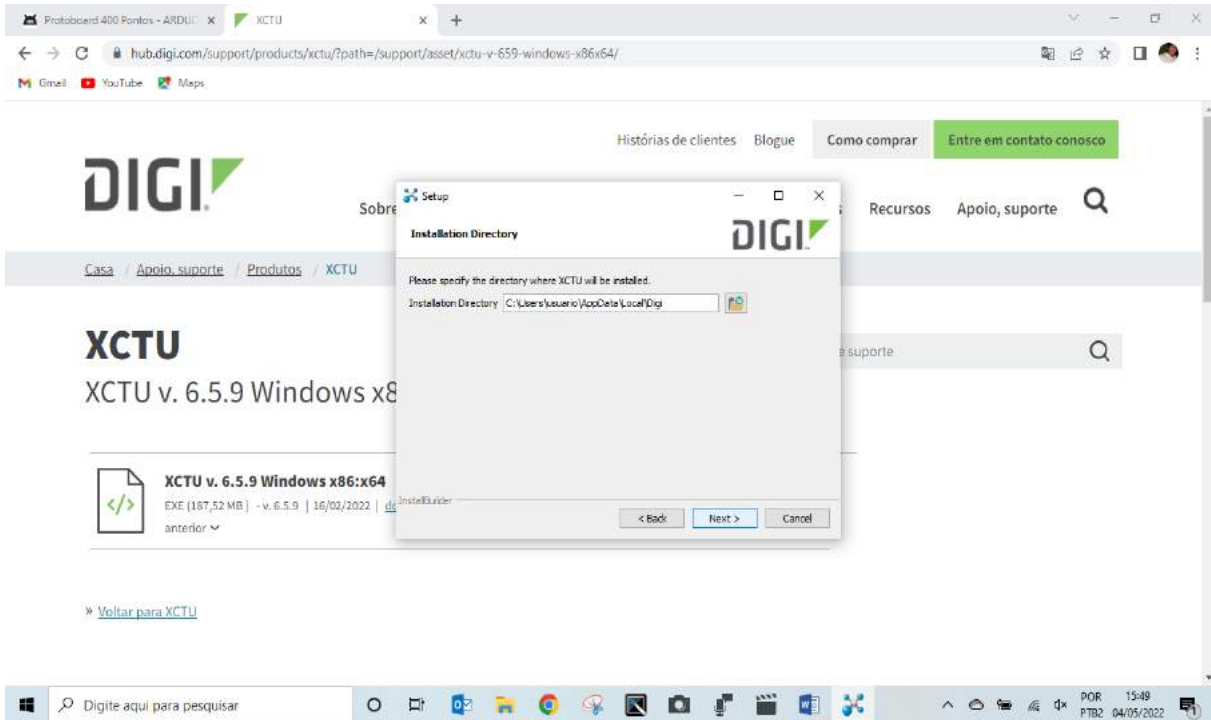


Figura 2.17: Fonte: Autor.

PASSO 15 - Clicar em “NEXT”.

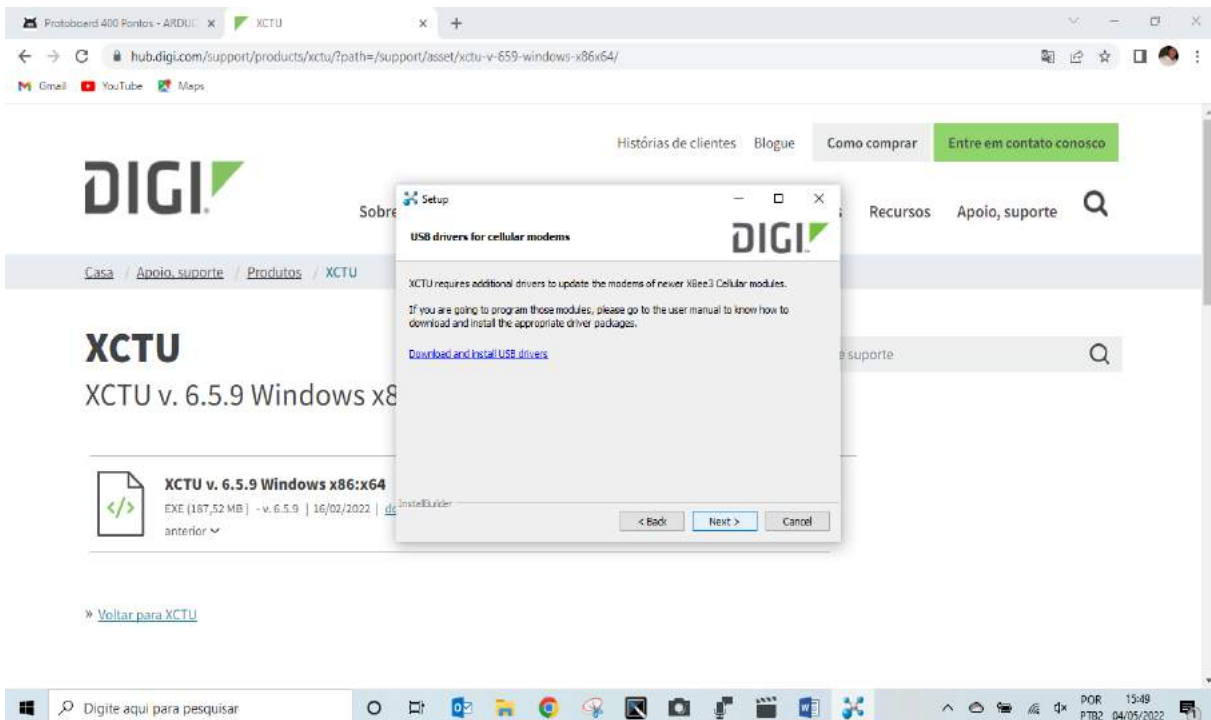


Figura 2.18: Fonte: Autor.

PASSO 16 - Clicar em “NEXT”.

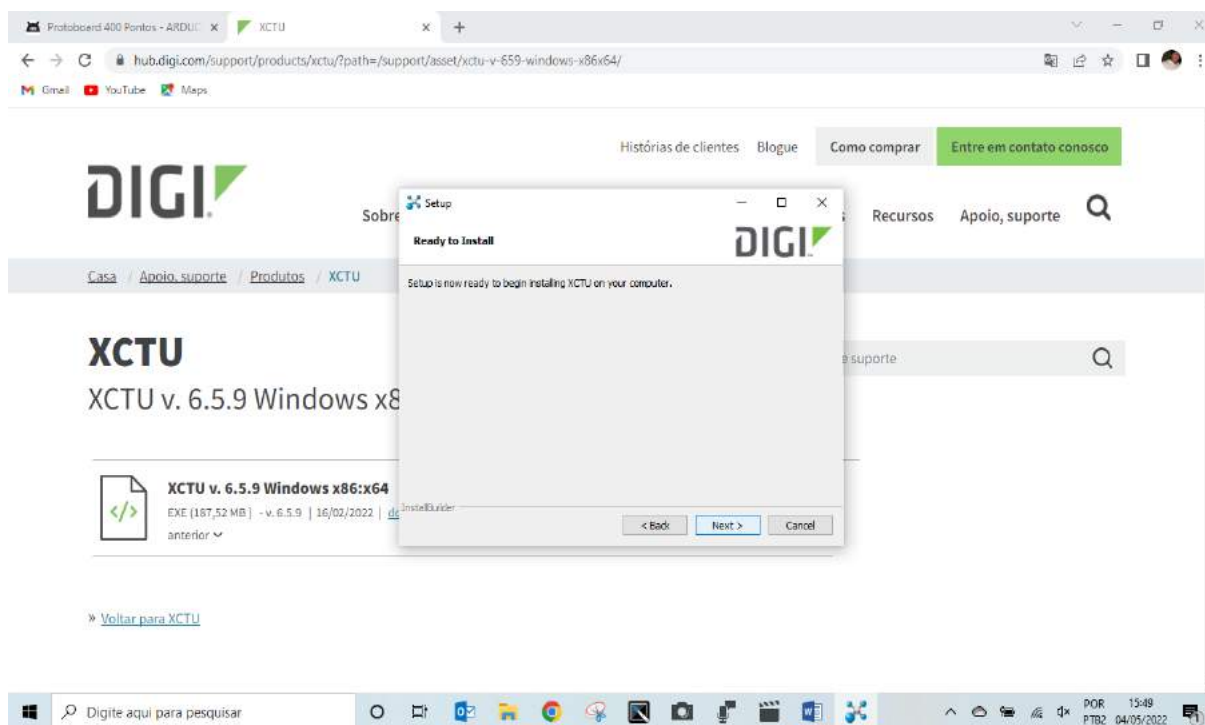


Figura 2.19: Fonte: Autor.

PASSO 17 - Clicar em “yes”.

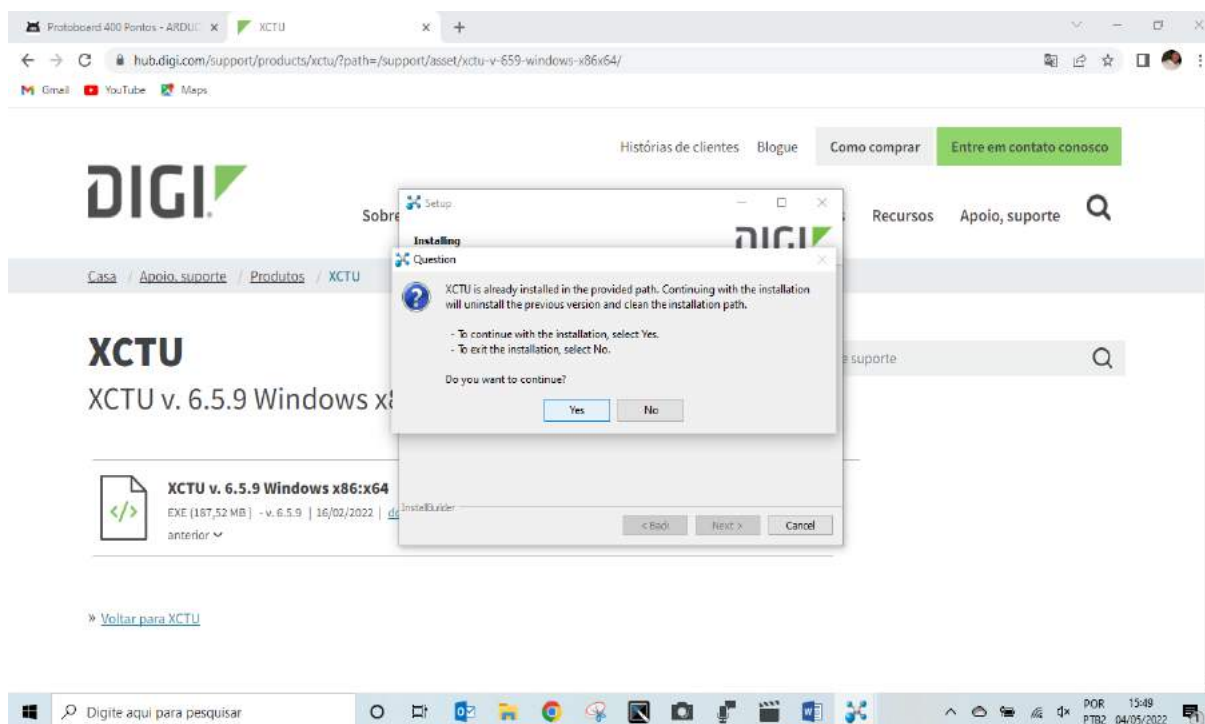


Figura 2.20: Fonte: Autor.

PASSO 18 - aguardar.

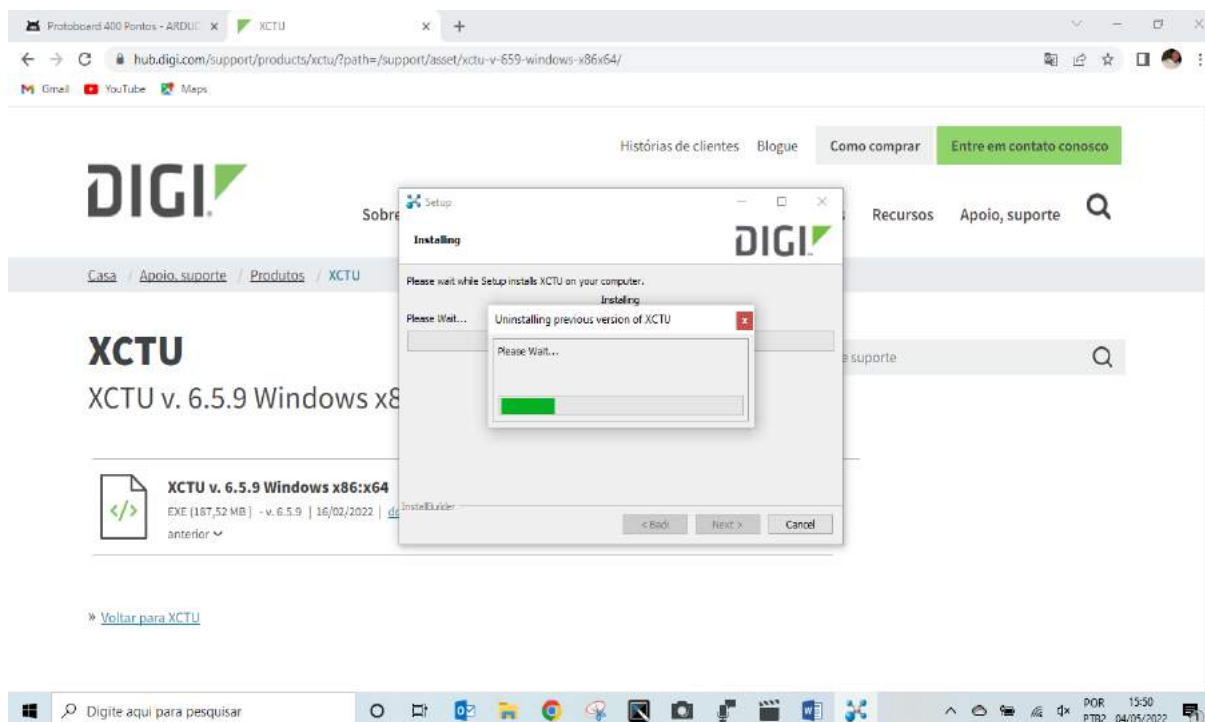


Figura 2.21: Fonte: Autor.

PASSO 19 - aguardar.

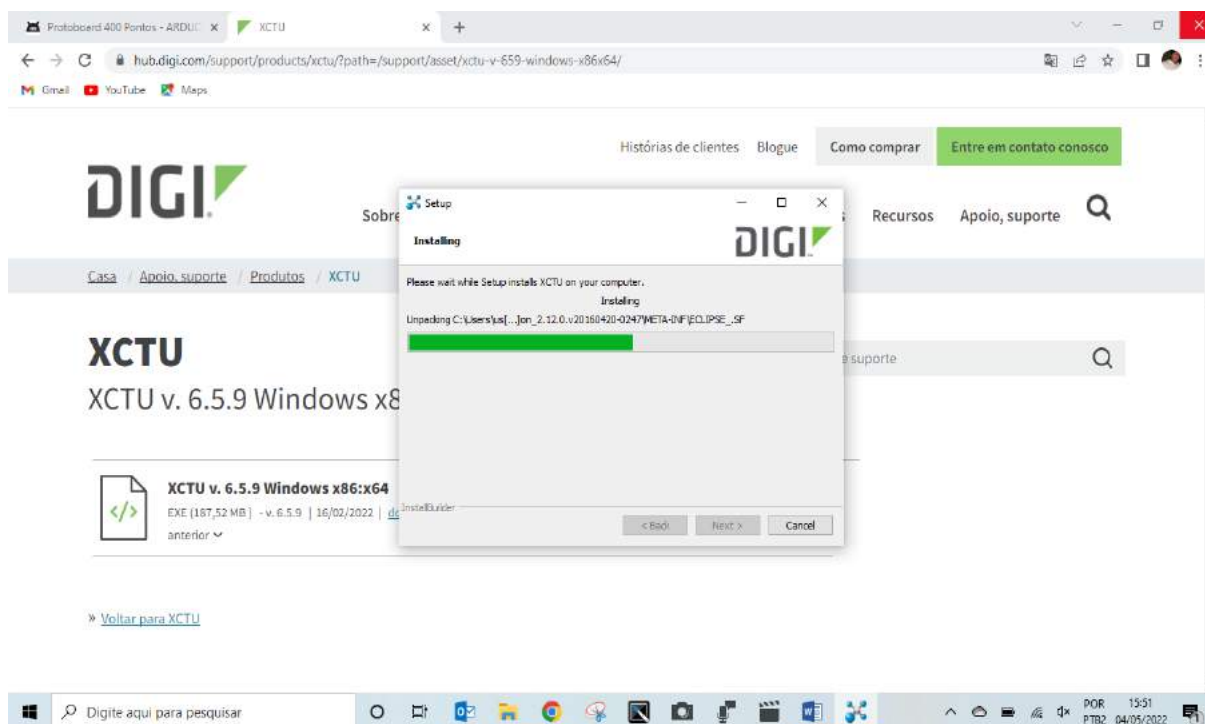


Figura 2.22: Fonte: Autor.

PASSO 20 - Clicar em “Finish”.

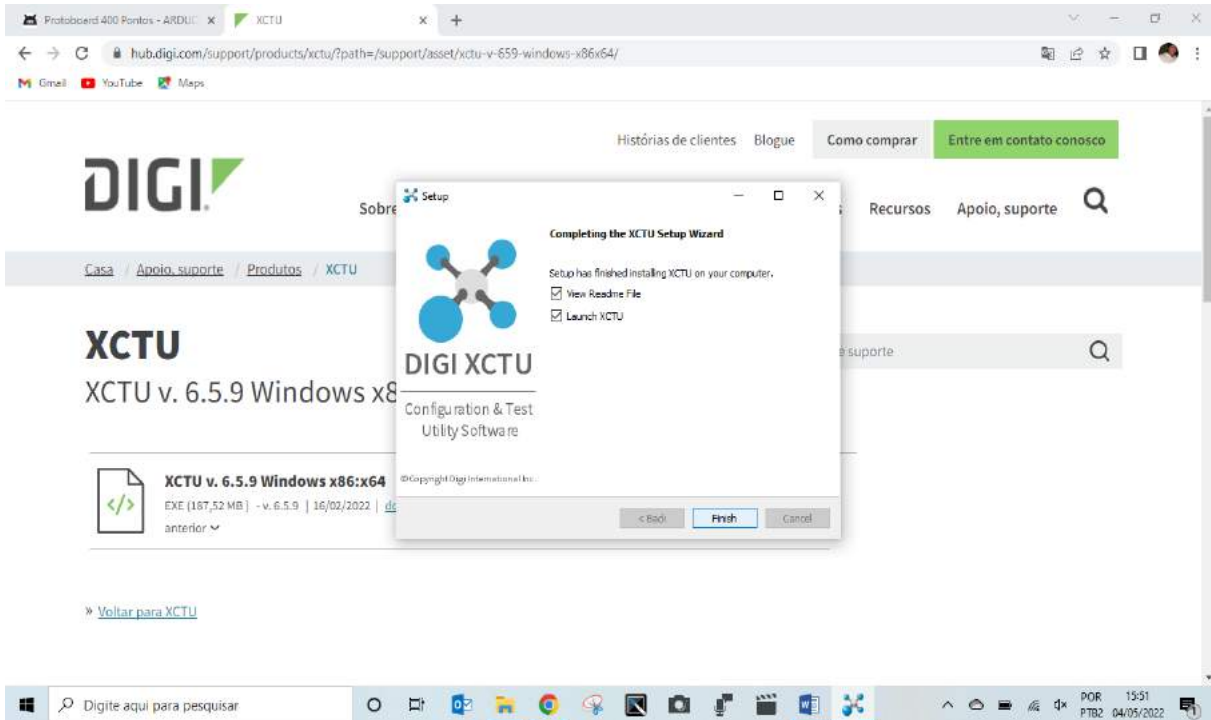


Figura 2.23: Fonte: Autor.

PASSO 21 - Clicar em “ok”.

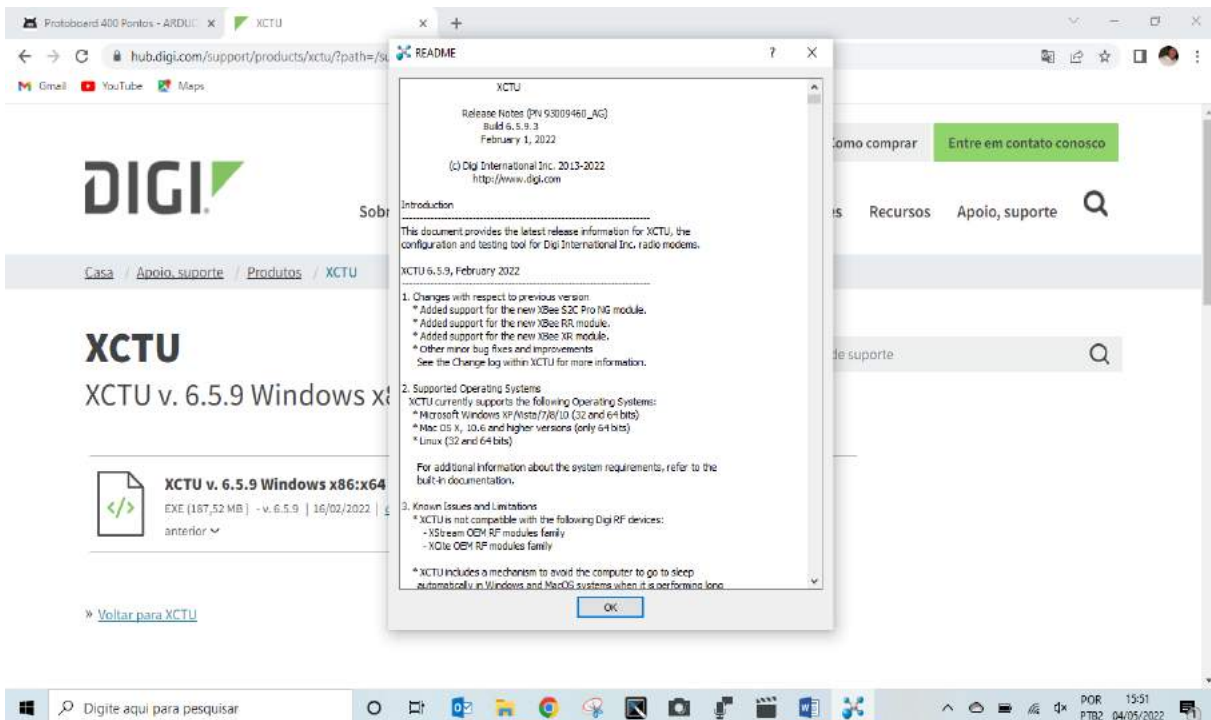


Figura 2.24: Fonte: Autor.

PASSO 22 - aguardar.

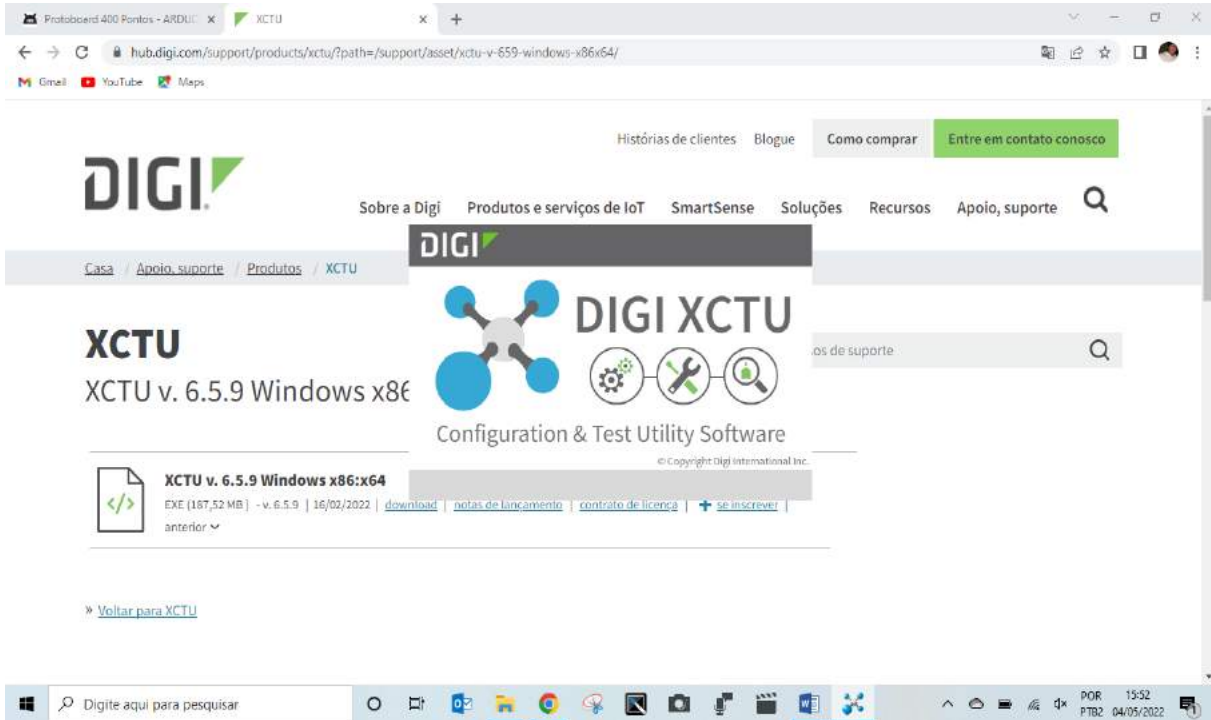


Figura 2.25: Fonte: Autor.

PASSO 23 - aguardar.

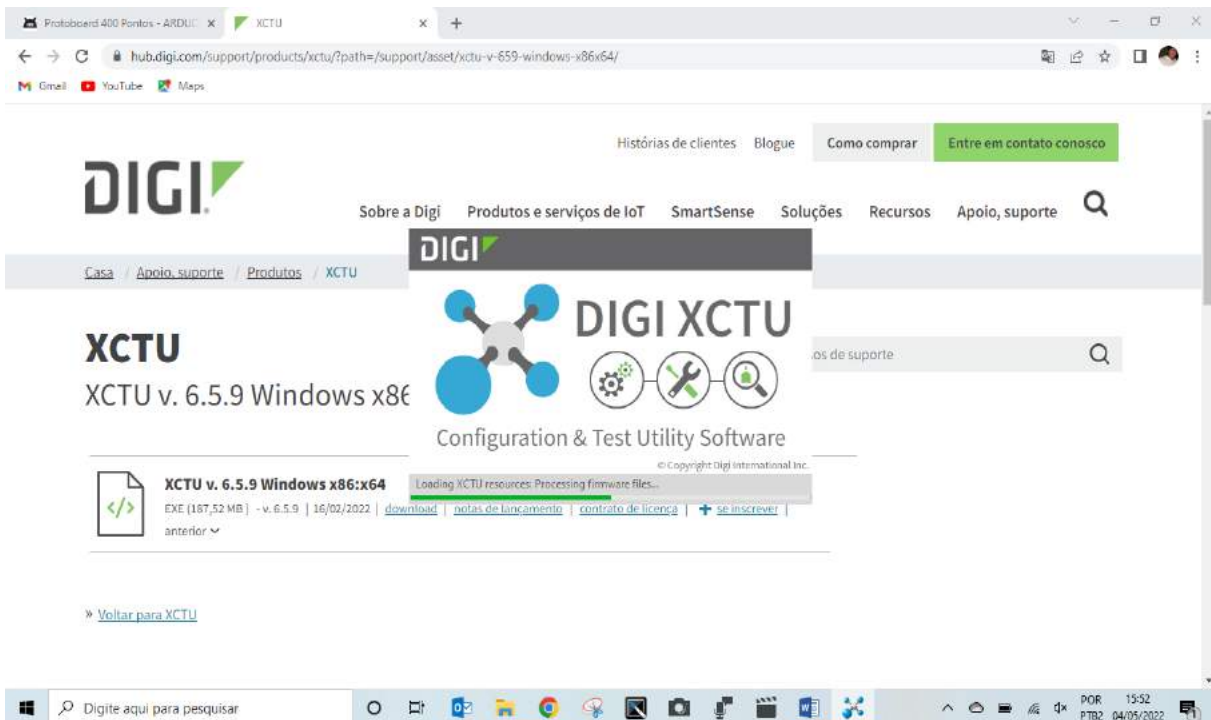


Figura 2.26: Fonte: Autor.

PASSO 24 - Clicar em “Close”.

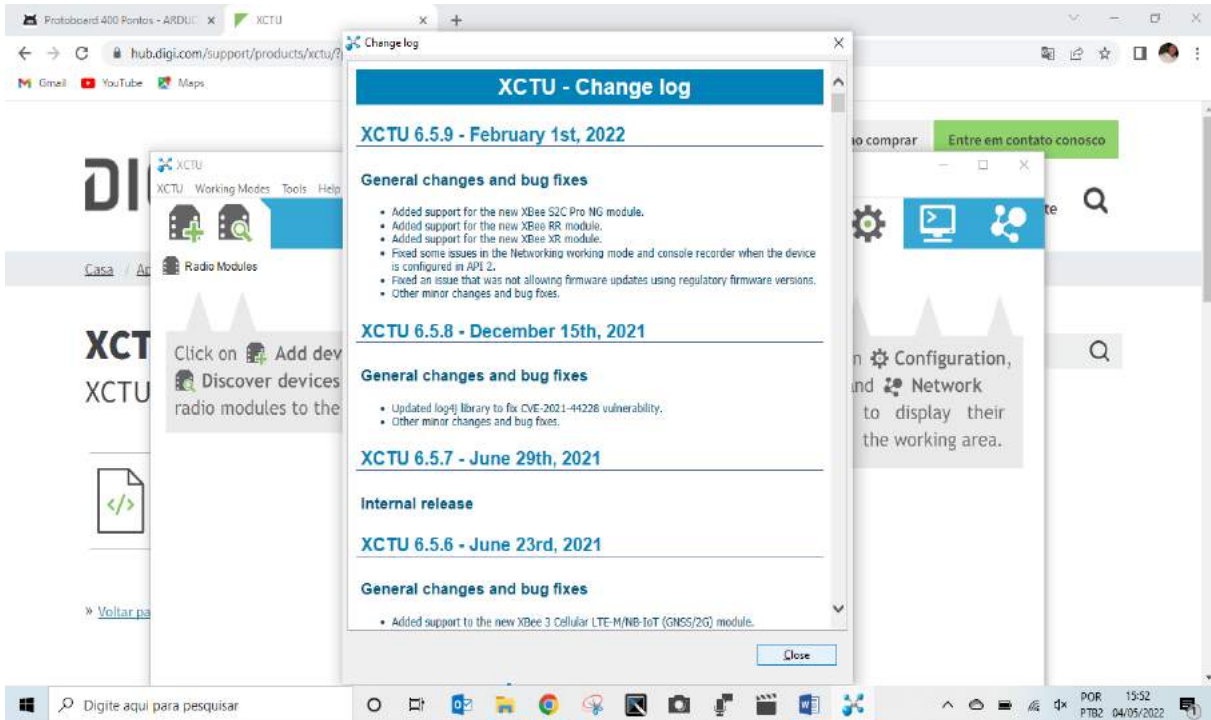


Figura 2.27: Fonte: Autor.

PASSO 25 - Clicar em “maximizar”.

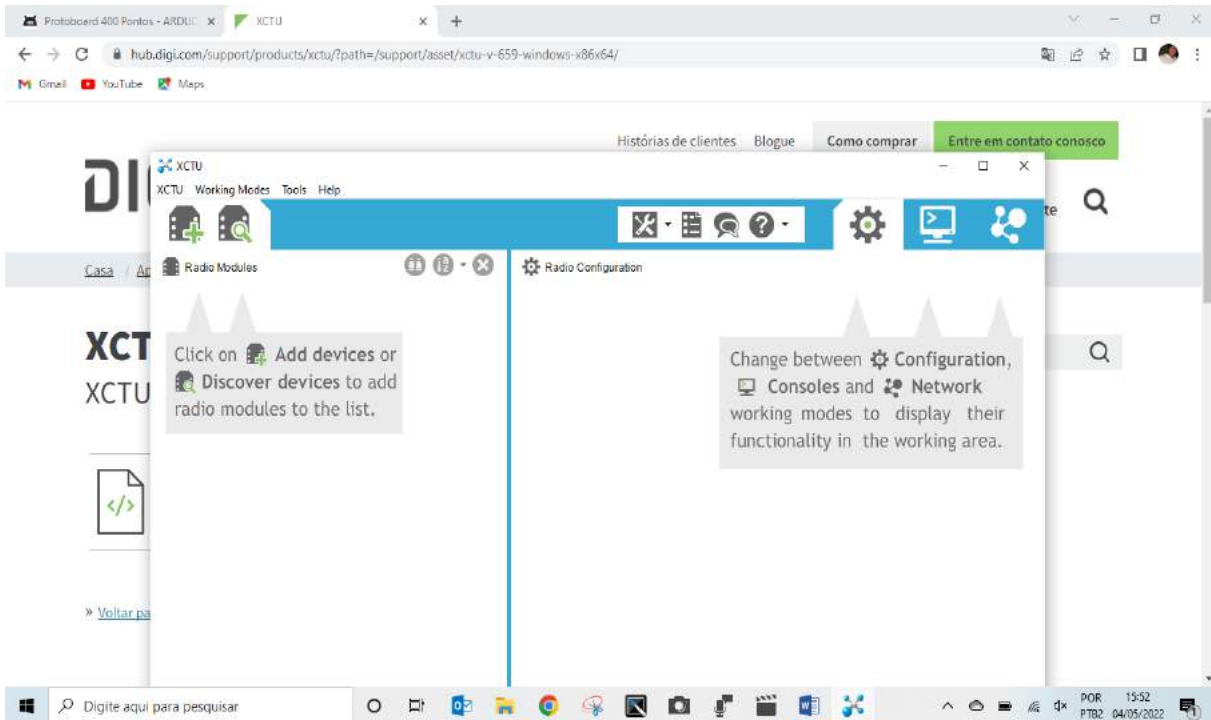


Figura 2.28: Fonte: Autor.

PASSO 26 - Pronto, o software XCTU já estará baixado pronto para uso.

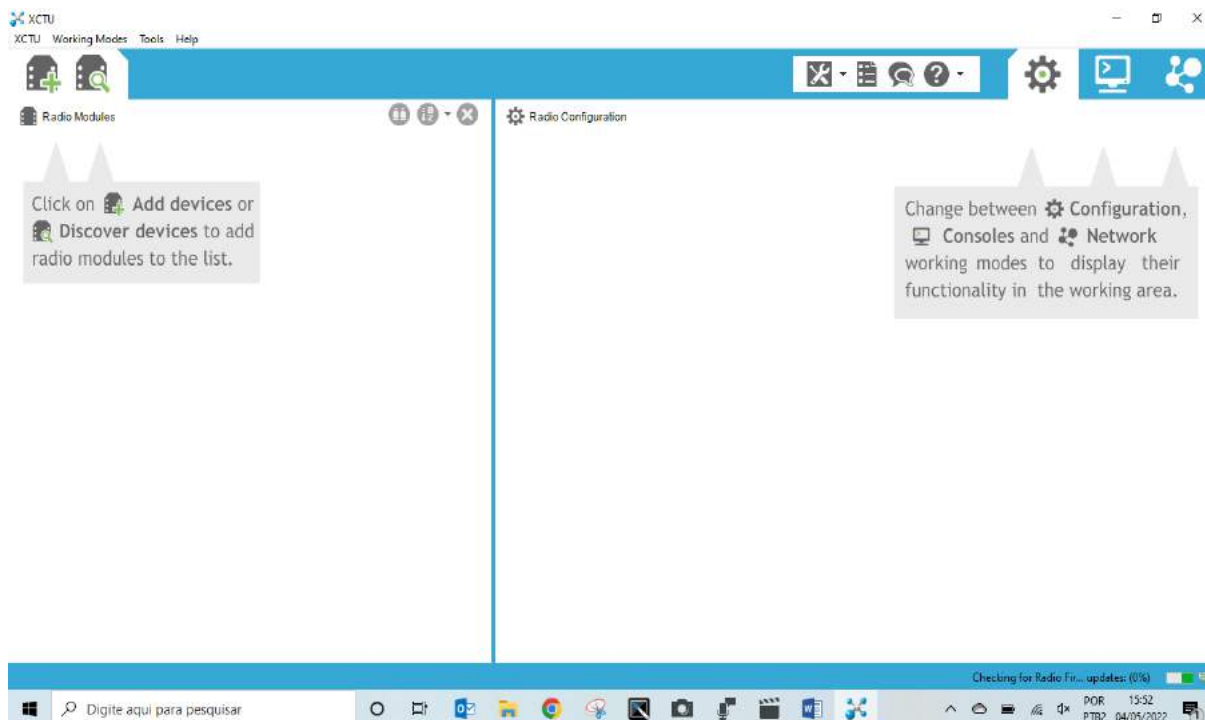


Figura 2.29: Fonte: Autor.

2.5 O LabView

O LabVIEW é um software de engenharia de sistemas criado especificamente para aplicações de teste, medição e controle, com rápido acesso ao hardware e às informações obtidas a partir dos dados.

O LabVIEW possui uma linguagem de programação gráfica originária da National Instruments. A primeira versão surgiu em 1986 para o Macintosh. Os principais campos de aplicação do LabVIEW são a realização de medições e a automação.

O ambiente de programação LabVIEW simplifica a integração de hardware para aplicações diretas ao produto educacional ter uma forma consistente de adquirir dados.

Com o LabVIEW, consegue visualizar resultados em tempo real nas interfaces, computadores e monitores, e podem ser configuradas facilmente conforme a necessidade e situação.

A programação é feita de acordo com o modelo de fluxo de dados, o que oferece a esta linguagem vantagens para a aquisição de dados e para manuseio e manipulação.

Os programas em LabVIEW são chamados de instrumentos virtuais ou, simplesmente, IVs. O programa não é processado por um interpretador, mas

sim compilado. Deste modo a sua performance é comparável à exibida pelas linguagens de programação de alto nível. A linguagem gráfica do LabVIEW é chamada "G".

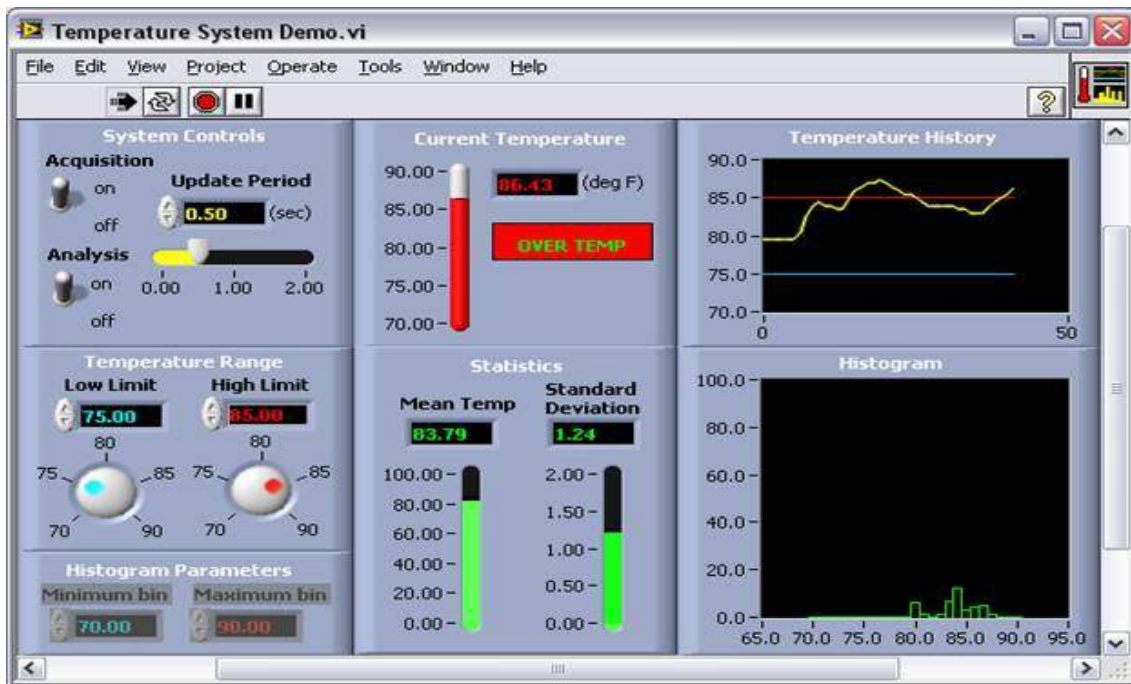


Figura 2.30: Exemplo de aquisição de dados, monitoramento e controle de temperatura em Labview. Fonte: Autor.

2.5.1 Metodologia de programação

Os blocos de funções são designados por instrumentos virtuais. Isto é assim porque, em princípio, cada programa (Sub-IV) pode ser usado como sub-programa por qualquer outro ou pode, simplesmente, ser executado isoladamente.

O programador liga IVs com linhas (arames) de ligação e define, deste modo, o fluxo de dados. Cada IV pode possuir entradas e/ou saídas. A execução de um IV começa quando todas as entradas estão disponíveis; os resultados do processamento são então colocados nas saídas assim que a execução do sub-programa tenha terminado.

O painel frontal do LabVIEW é um meio confortável para construir programas com uma boa interface gráfica. O programador não necessita de escrever qualquer linha de código. A apresentação gráfica dos processos aumenta a facilidade de leitura e de utilização. Uma grande vantagem em relação às linguagens baseadas em texto é a facilidade com que se cria componentes que se executam paralelamente.

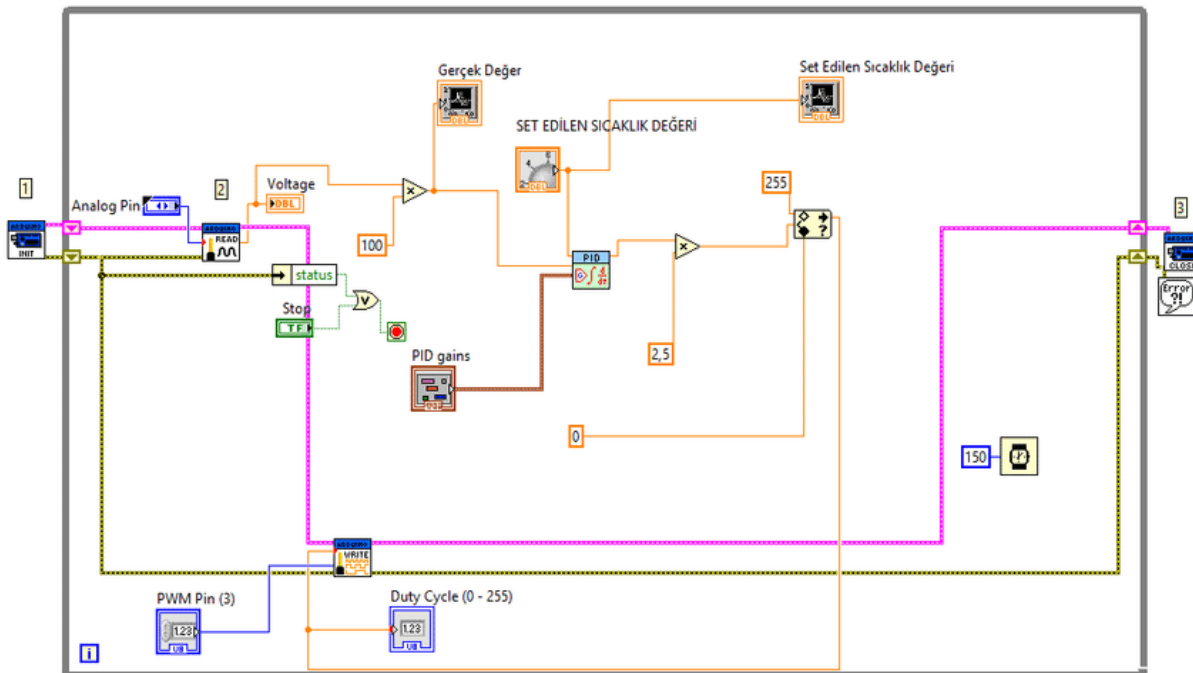


Figura 2.31: Exemplo de um diagrama de blocos feito em Labview. Fonte: Autor.

Como qualquer produto ou plataforma, o LabVIEW tem suas vantagens e desvantagens. Estes devem ser cuidadosamente considerados antes de iniciar seu uso.

Vantagens

- Monitoramento em tempo real;
- Controle via remoto do sistema;
- aquisição de dados em tempo real;
- Layout personalizado da interface;
- Criação de interfaces em diversos navegadores;
- Excelente visualização de dados, informações e processos;
- Criar testes e simulações de processos;
- A interface gráfica é flexível e simples de usar. A maioria dos engenheiros e cientistas pode aprender a usá-lo rapidamente;
- Fornece uma plataforma universal para inúmeras aplicações em diversos campos;
- Fácil de interface com muitos itens de hardware, como aquisição de dados e produtos de equipamentos de teste;
- Possui excelente suporte ao cliente e um grande fórum ativo da comunidade;
- Pode fazer interface com C / C ++, VB, Fortran, etc.

Desvantagens

As desvantagens do LabVIEW face à programação por texto são, essencialmente:

- Pequenas mudanças podem ocasionar profundas reestruturações do programa, uma vez que sempre que se insere um novo bloco é necessário voltar a ligar os fios e os símbolos para restabelecer o funcionamento.
- Para evitar confusões de linhas é habitual introduzir mais variáveis do que aquelas que são estritamente necessárias, diminuindo-se assim a velocidade de programação e contrariando-se, de algum modo, o modelo de fluxo de dados.
- Fonte única e algumas empresas podem não gostar de usar um produto de fonte única e não padronizado pela indústria.

Por um lado, é confortável programar sem código: mas não se deve esquecer que no LabVIEW é muito importante planejar muito bem o projeto antes de se passar à realização dos IVs.

Capítulo 3

Conceitos de Física no Produto Educacional Aplicado

3.1 Ondas

As ondas são perturbações de meios físicos que se propagam pelo espaço, sem transporte de matéria e massa mas transportando apenas energia. Num sentido amplo pode-se considerar como meios físicos as oscilações de campos e de sistemas materiais. Isto devido a que a matéria em si é constituída por estados excitados de campos quânticos.

Num sentido muito amplo, uma onda é qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro do espaço. Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos ao outro [22], p. 125, portanto, há apenas transporte de energia.

3.1.1 Tipo e classificação de ondas

Pode-se classificar as ondas quanto à natureza a qual é formada, a direção de propagação e também em relação a direção da perturbação:

I. Ondas quanto sua natureza:

1. Ondas mecânicas;
2. Ondas eletromagnéticas.

II. Quanto sua propagação:

1. Ondas unidimensionais, propagam em apenas uma dimensão;
2. Ondas bidimensionais, propagam em duas dimensões;
3. Ondas tridimensionais, propagam em três dimensões.

III. Ondas quanto à sua vibração

1. Ondas transversais, que se propagam perpendicularmente à direção de vibração;
2. Ondas longitudinais, que se propagam paralelamente à direção de vibração.

A seguir serão detalhados os aspectos elencados anteriormente.

3.1.2 Ondas quanto à sua natureza

Ondas mecânicas

As ondas mecânicas constituem-se por perturbações de meios materiais que se transmitem por meio de oscilações das partículas que constituem o meio. Logo, sabe-se que as ondas mecânicas precisam de um meio material para se propagarem, ou seja, elas não se propagam no vácuo.

Um exemplo específico de ondas mecânicas é quando uma gota de água cai num lago calmo (ver figura 3.1), ou até mesmo ver uma pessoa movimentando uma corda, presa num poste qualquer, com movimentos de cima para baixo.



Figura 3.1: Ondas mecânicas e bidimensionais: (a) uma gota de água cai sobre um lago calmo e (b) ondas mecânicas e unidimensionais mexendo a corda presa em um poste. Fonte: [25](a) e [26](b).

Para Nussenzveig (2002), a onda mais simples de se caracterizar é a onda progressiva em uma única dimensão, cujo movimento só depende das variáveis x e t .

3.1.3 Ondas Eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas podem ser criadas pelo movimento acelerado de partículas materiais eletricamente carregadas. O movimento oscilatório, em

particular, produz oscilações de campos elétricos e magnéticos oscilantes que se propagam em fase. As ondas eletromagnéticas se propagam em qualquer meio, inclusive no vácuo. As ondas de rádio frequência, as micro-ondas, as ondas ultravioleta, a luz visível, os raios X, a radiação gamma são exemplos de ondas eletromagnéticas, com diferentes frequências, comprimentos de onda ou energias dos fótons.

A figura 3.2 a seguir ilustra um intervalo do espectro eletromagnético, com destaque para a luz visível, capaz de sensibilizar o olho humano nas frequências correspondentes.

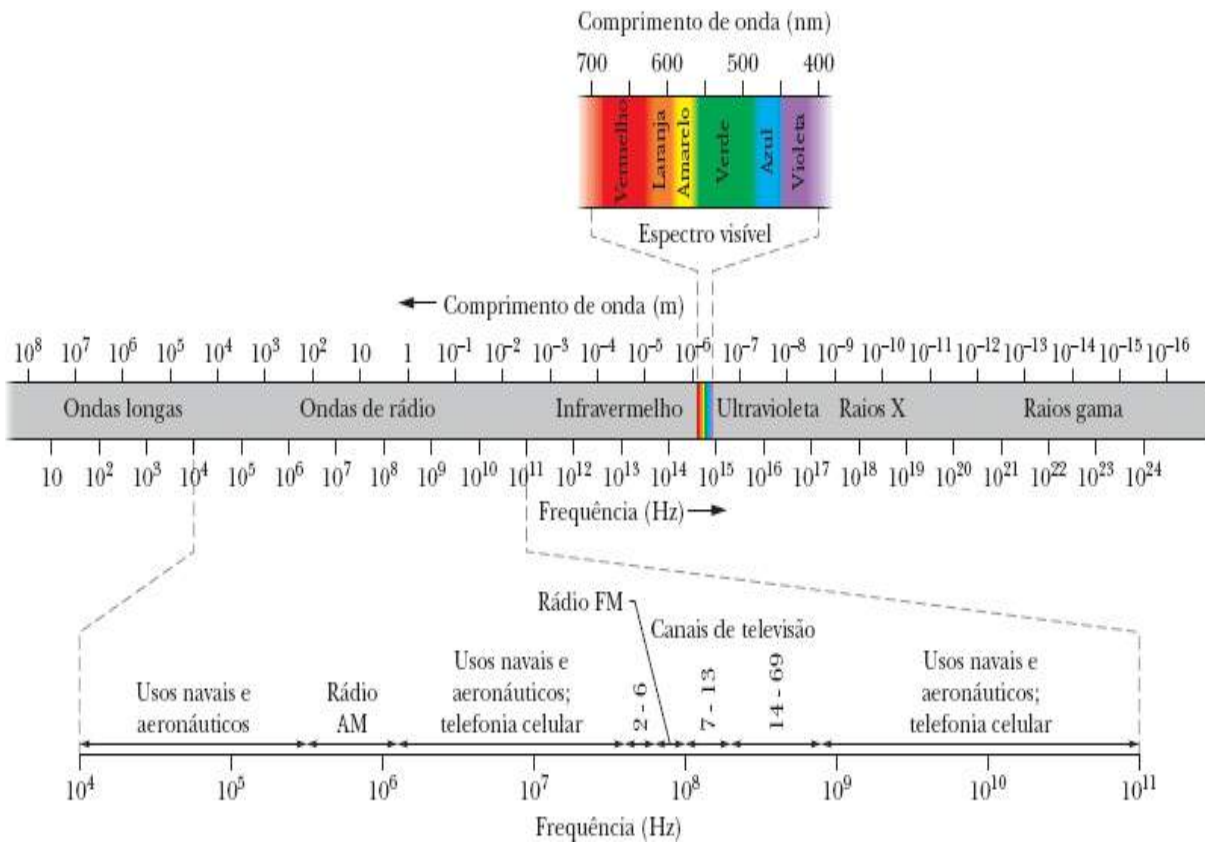


Figura 3.2: *Espectro eletromagnético com frequências variando entre as ondas ultravioleta e ondas do infravermelho com destaque para a faixa do visível.* Fonte: [21], p.31.

A figura 3.3 a seguir mostra em destaque a curva de resposta relativa do olho humano com a distribuição de intensidade por comprimento de onda da luz visível.

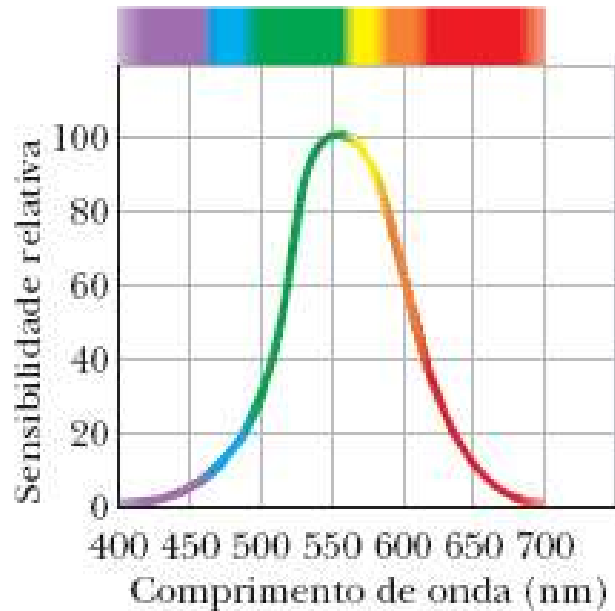


Figura 3.3: *Sensibilidade relativa do olho humano a ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda. A parte do espectro eletromagnético à qual o olho é sensível. Fonte: [21], p.31.*

3.2 Ondas quanto à direção de propagação

3.2.1 Ondas Unidimensionais

São ondas que tem sentido de propagação em uma única direção. Pode-se mencionar como exemplos de ondas unidimensionais: uma onda longitudinal que se propaga em uma mola presa a uma extremidade ou até mesmo uma onda produzida numa corda longa e tracionada, veja a figura 3.4:

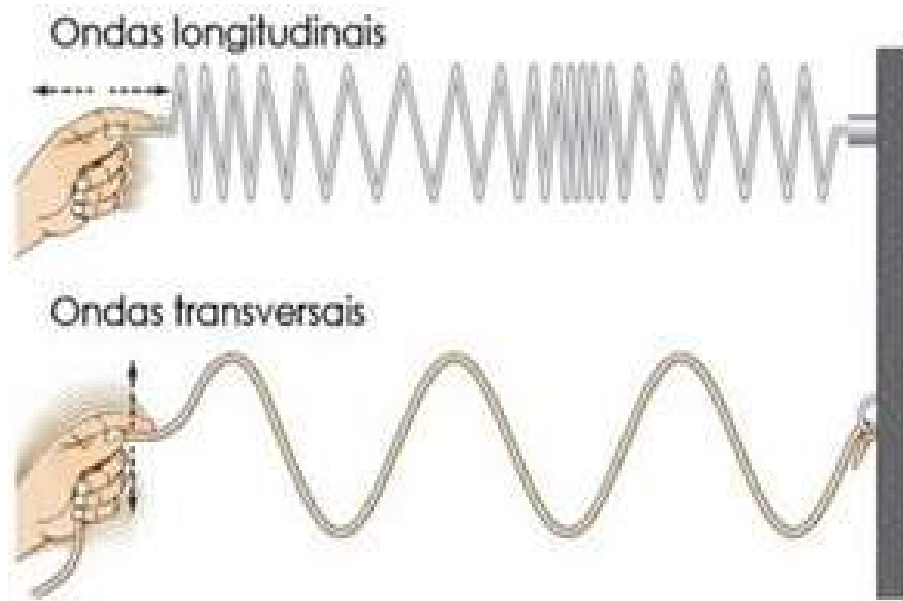


Figura 3.4: *Ondas unidimensionais. Fonte: [27].*

A seguir temos a equação 3.1, que descreve as perturbações $\xi(x, t)$ em função do espaço e do tempo para uma onda unidimensional.

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \xi(x, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \xi(x, t). \quad (3.1)$$

Nesta equação, v é a velocidade de propagação da onda.

3.2.2 Ondas Bidimensionais

As ondas bidimensionais são aquelas que tem propagação em um plano material, portanto, qualquer que seja a direção de propagação. A visualização delas são apresentadas nas figuras a seguir (ver figura abaixo). São exemplos desse tipo de onda:

- ondas superficiais em água;
- ondas estacionárias que são formadas nas membranas de um instrumento de percussão.



Figura 3.5: *Ondas unidimensionais.* Fonte: [27].

Na equação 3.2, tem-se as perturbações $\xi(x, y, t)$ em função do espaço e do tempo para uma onda bidimensional.

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \xi(x, y, t) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \xi(x, y, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \xi(x, y, t). \quad (3.2)$$

3.2.3 Ondas Tridimensionais

Ondas que se propagam no vácuo, ou não, e tem a direção de propagação definida em três direções, como por exemplo, as (a) ondas sonoras e (b) as eletromagnéticas, como mostra as figuras 3.6 e 3.7 a seguir:



Figura 3.6: (a) Representação de ondas tridimensionais. Fonte: [28].

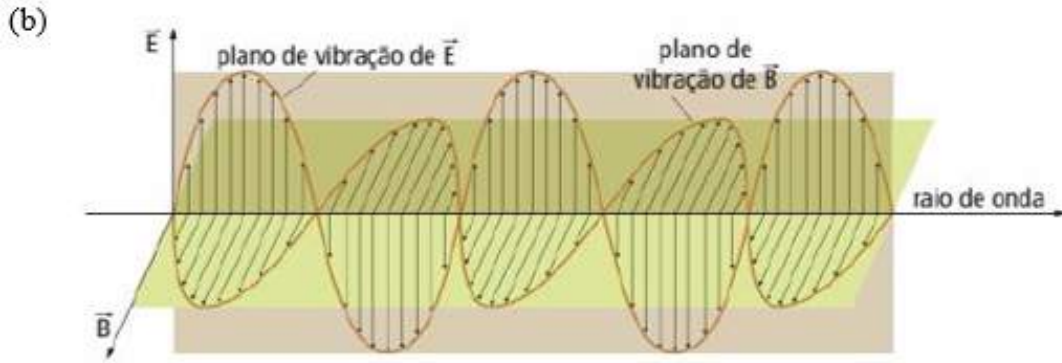


Figura 3.7: (b) Representação de ondas eletromagnéticas tridimensionais. Fonte: [23].

Na equação 3.3, tem-se as perturbações $\xi(x, y, z, t)$ em função do espaço e do tempo para uma onda tridimensional, e mostramos a representação de ondas tridimensionais nas coordenadas x , y e z .

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \xi(x, y, z, t) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \xi(x, y, z, t) + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \xi(x, y, z, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \xi(x, y, z, t). \quad (3.3)$$

Pode-se substituir o lado esquerdo da equação 3.3 pelo Laplaciano $\nabla^2 \xi(x, y, z, t)$, obtendo-se a equação 3.4.

$$\nabla^2 \xi(x, y, z, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \xi(x, y, z, t). \quad (3.4)$$

3.3 Ondas quanto à direção de vibração

No que se refere à direção de vibração, as ondas podem ser transversais ou longitudinais, como segue.

3.3.1 Ondas Transversais

São ondas em que a direção de propagação é perpendicular à direção em que ocorre a perturbação ou deformação que irá produzir a onda. Como exemplo de ondas transversais: pode-se citar ondas em cordas de instrumentos musi-

cais, ondas sísmicas e as ondas eletromagnéticas. Na figura 3.8(b), mostra-se uma corda sendo puxada para cima e para baixo, ou seja, produzindo pulsos transversais à direção de propagação.

A mão é a fonte de vibração que se desloca perpendicularmente à direção de propagação da onda. Neste caso, a propagação ocorre no sentido do eixo x .

3.3.2 Ondas Longitudinais

São aquelas cuja direção de propagação coincide com a direção das vibrações. Sendo assim, temos como exemplo: som se propagando no ar, um pulso em uma mola produzido por uma súbita compressão. Ver figura 3.8 (a):

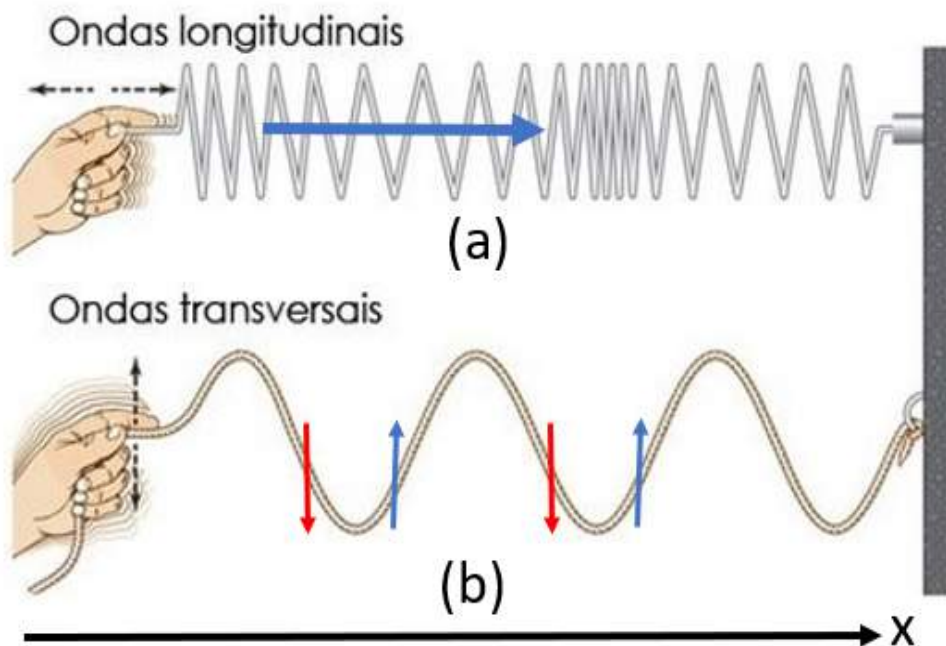


Figura 3.8: Adaptada da Fonte - Representação das ondas longitudinais (a) e ondas transversais (b) Fonte: [29]

3.4 Características das ondas

As ondas são caracterizadas pelos seguintes parâmetros: comprimento de onda, frequência, amplitude, período e velocidade de propagação, os quais são descritos a seguir.

3.4.1 Comprimento de Onda

Sabe-se que comprimento de onda λ representa a distância que separa dois pontos consecutivos que se encontram na mesma posição de vibração. Na figura 3.9 abaixo a seguir, tem-se dois exemplos: a distância que vai de uma crista à outra, ou seja, de dois pontos máximos consecutivos, e a distância que vai de um ventre ao próximo, ou seja, duas posições mais baixas, consecutivas.

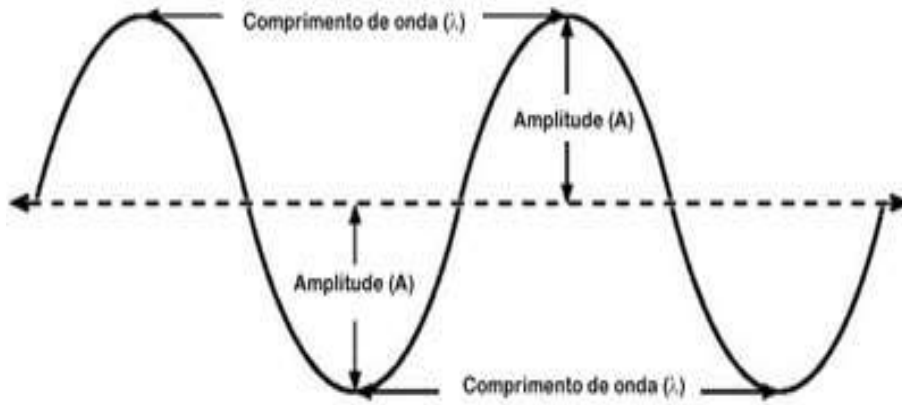


Figura 3.9: Ondas: representação do comprimento de onda e da amplitude. Fonte: [27]

3.4.2 Frequência

A unidade de medida da frequência é o Hertz (Hz) e corresponde ao número de oscilações da onda em determinado intervalo de tempo. Espectro eletromagnético é o intervalo de todas as frequências de ondas eletromagnéticas existentes.

A frequência (f) de uma onda representa o número de oscilações executadas pela fonte que produz a onda, em cada segundo. Na figura a seguir temos a representação da frequência de uma onda.

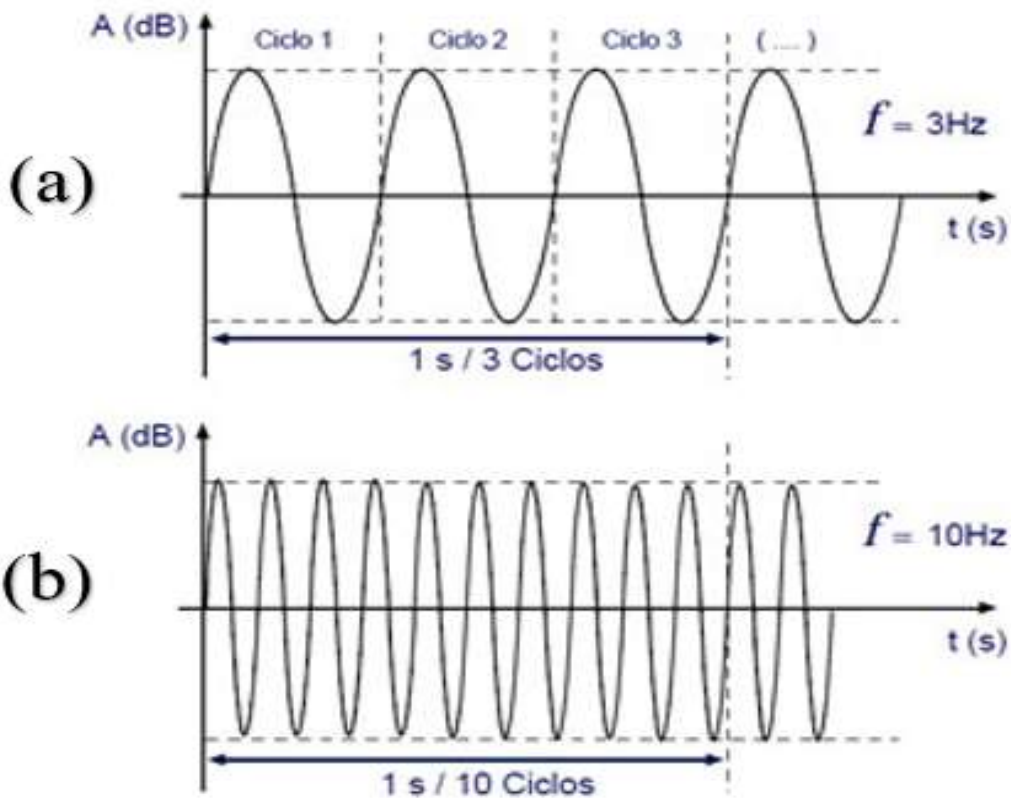


Figura 3.10: Representação das frequências de ondas em (a) maior comprimento de ondas e menos ciclos e (b) menor comprimento de onda e mais ciclos. Fonte: [27].

É possível notar na figura 3.10(a) que são realizados três ciclos, ou seja, a onda repete-se três vezes ao longo de um segundo, o que torna sua frequência de 3 Hertz (Hz). Observa-se ainda, na parte inferior da mesma figura 3.10(b), tem-se uma frequência de 10 Hz, o que significa dizer que durante um segundo tem-se dez ciclos iguais.

Na figura 3.11, temos a representação de alguns tipos de frequência de onda eletromagnéticas do cotidiano.

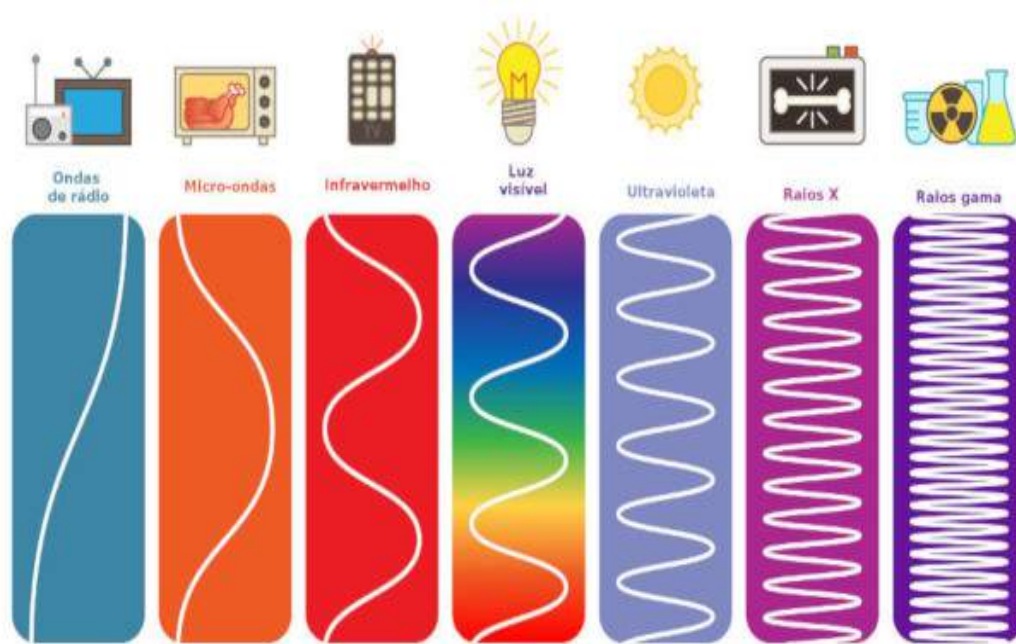


Figura 3.11: Representação de diferentes frequências de onda – da menor (Ondas de rádio) para a maior frequência (Raios Gama). Fonte: [30].

3.4.3 Período

O período (T) representa o intervalo de tempo correspondente a uma oscilação completa da fonte que produz a onda. Na figura 3.10, corresponde a um ciclo completo. Logo, o tempo que a onda leva para completar um ciclo é de $1/3$ s, o que significa dizer que completam-se 3 ciclos em cada segundo. O período é obtido por meio da expressão a seguir:

$$T = \frac{1}{f}. \quad (3.5)$$

Onde:

- T = período (expresso em segundos – s);
- f = frequência (expressa em Hertz – Hz).

3.4.4 Amplitude

A amplitude (A) é o máximo afastamento, durante a oscilação, em relação à posição de equilíbrio. Na figura 3.12, a posição de equilíbrio é representada pela linha que está tracejada.

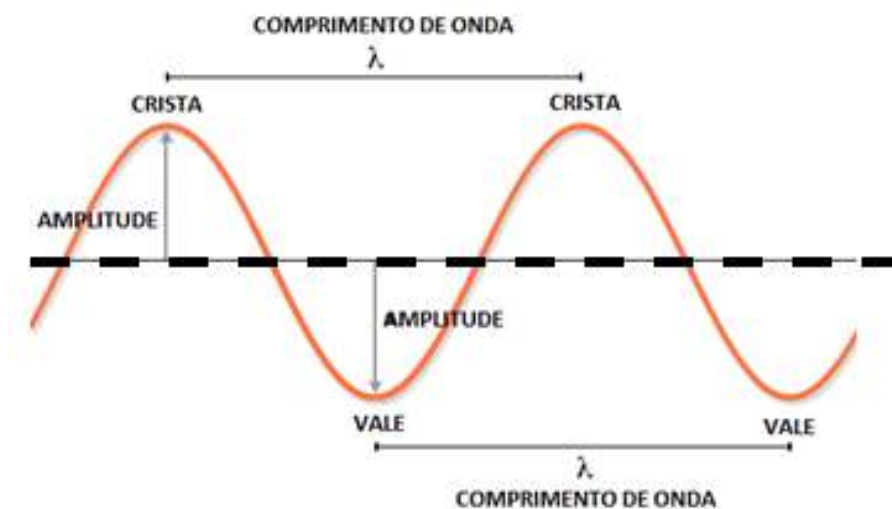


Figura 3.12: Amplitude e comprimento de onda de uma onda. Fonte: [27].

3.5 Equação Fundamental da Ondulatória

A velocidade de uma onda depende do meio em que ela está se propagando. Assim, quando uma onda muda seu meio de propagação, a sua velocidade pode mudar. Diz-se que a velocidade de propagação de uma onda é a rapidez com que a onda se propaga em determinado meio. Depende da distância percorrida pela onda e também do intervalo de tempo gasto para percorrer essa distância.

O cálculo da velocidade de propagação de uma onda, é obtido através da expressão:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}. \quad (3.6)$$

A equação 3.6 é a equação da velocidade escalar média utilizada na Mecânica Clássica

Se, $\Delta s = \lambda$ e $\Delta t = T$, tem-se a seguinte equação:

$$v = \frac{\lambda}{T}. \quad (3.7)$$

A equação 3.7 é análoga a equação 3.6, portanto, a velocidade de uma onda também é considerada uma taxa entre o espaço λ e o tempo (T);

Ao substituir T por $1/f$, resulta a seguinte equação:

$$v = \frac{\lambda}{(1/f)}. \quad (3.8)$$

De forma análoga, pode-se associar de forma matemática a equação fundamental da ondulatória com a equação da velocidade, pois, sabe-se que a velocidade é uma taxa temporal de variação, e portanto, a velocidade da onda segue essa regra. Sendo o espaço de uma onda igual a 360° , ou seja, o comprimento da onda λ , e o período para que isso se repita seja T , tem-se então:

$$v = \lambda f. \quad (3.9)$$

Onde:

- v = velocidade de propagação (m/s);
- λ = comprimento de onda (m);
- f = frequência (Hz);

Logo,

$v = \lambda f$, é denominada como a **Equação Fundamental da Ondulatória**.

3.6 Ondas Eletromagnéticas

3.6.1 Velocidade das ondas eletromagnéticas

A velocidade de propagação de qualquer onda progressiva é $v = \omega / k$. No caso especial das ondas eletromagnéticas, emprega-se símbolo c (e não v), para representar essa velocidade. Na próxima seção será mostrado que o valor de c é dado por:

$$c = \frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}. \quad (3.10)$$

Onde:

$$E = E_m \text{ sen}(k x - \omega t), \quad (3.11)$$

e

$$B = B_m \text{ sen}(k x - \omega t), \quad (3.12)$$

que é aproximadamente igual a $3,0 \times 10^8$ m/s. Hoje em dia, é definido de tal forma que a velocidade da luz (e de qualquer outra onda eletromagnética) no vácuo é exatamente $c = 299\,792\,458$ m/s. E e B representam as variações de amplitude campos elétricos e magnéticos para ondas eletromagnéticas unidimensionais.

3.6.2 Intensidade e potência da onda

A intensidade de uma onda eletromagnética que passa por uma determinada área é definida como a potência pela unidade de área. Ela mede a quantidade de energia que passa por unidade de tempo e por unidade de área em um determinado ponto do espaço. Desta forma, afirma-se que, quanto maior a potência, maior será a intensidade das ondas eletromagnéticas, ou seja, quanto maior a potência, maior o alcance da onda e maior a energia transportada por ela [31], p. 262.

Uma onda eletromagnética é formada por campos elétricos e magnéticos que variam com o tempo. As várias frequências possíveis das ondas eletromagnéticas formam um espectro, uma pequena parte do qual é a luz visível. Uma onda eletromagnética unidimensional que se propaga na direção do eixo x possui campo elétrico e campo magnético cujas intensidades dependem de x e t :

A intensidade da radiação de uma onda é definida pela média:

$$\langle I \rangle = \frac{\overline{\Delta U}}{\Delta A \Delta t} = \frac{\overline{\Delta U}}{\Delta A \Delta l} \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{\overline{\Delta U}}{\Delta V} c = \overline{U} c = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2. \quad (3.13)$$

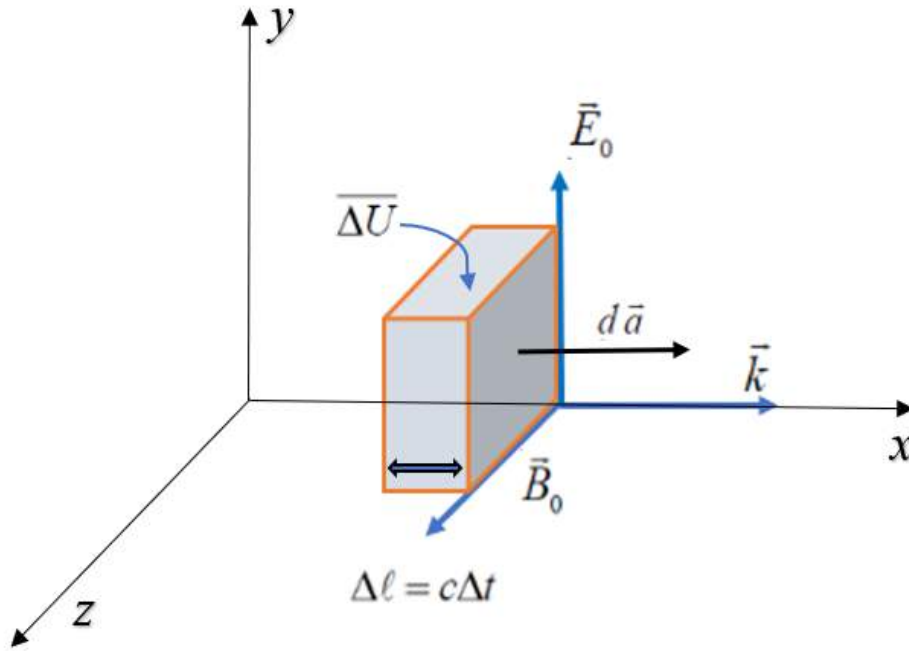


Figura 3.13: Transporte de energia e momento linear. Fonte: O autor.

Partindo-se da figura 3.13, tem-se: $d\vec{a} = \hat{n}.da$,

$$\frac{dU}{dt} = \int \int \vec{S} \cdot \hat{n} da, \quad (3.14)$$

3.7 Transporte de energia e o Vetor de Poynting

Uma onda eletromagnética é capaz de transportar energia e fornecê-la a um corpo. A taxa por unidade de área com a qual uma onda eletromagnética transporta energia é descrita por um vetor, denominado vetor de Poynting, em homenagem ao físico John Henry Poynting (1852-1914), o primeiro a discutir suas propriedades. O vetor de Poynting é definido pela equação [21], p.42:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}. \quad (3.15)$$

O módulo S do vetor de Poynting depende da taxa instantânea com a qual a energia é transportada por uma onda através de uma área unitária:

$$[S] = \frac{\text{energia}}{\text{área tempo}} = \frac{\text{potência}}{\text{área}}. \quad (3.16)$$

De acordo com a equação 3.16, as unidades de S no Sistema Internacional são o watt por metro quadrado (W/m^2).

Como \vec{E} e \vec{B} são mutuamente perpendiculares em uma onda eletromagnética, o módulo de $\vec{E} \times \vec{B}$ é $E B$. Assim, o módulo é:

$$S = \frac{1}{\mu_0} E B. \quad (3.17)$$

em que S , E e B são valores instantâneos. Como existe uma relação fixa entre E e B , pode-se trabalhar com apenas uma dessas grandezas; escolhe-se trabalhar com E , já que a maioria dos instrumentos usados para detectar ondas eletromagnéticas é sensível à componente elétrica da onda e não à componente magnética. Usando-se a relação $B = E/c$, pode-se escrever a equação 3.18 na forma [21], p.42).

$$S = \frac{1}{c \mu_0} E^2. \quad (3.18)$$

3.7.1 Variação da intensidade com a distância

Fazendo-se $E = E_0 \sin(kx - \omega t)$ na equação 3.18, encontra-se a equação para o transporte de energia em função do tempo. Porém, é a energia média transportada, ou seja, a média de S ao longo do tempo, representada como $\langle S \rangle$

e também conhecida como intensidade I da onda. A intensidade é dada por:

$$I = \langle S \rangle = \frac{\text{energia}}{\text{área tempo}} = \frac{\text{potência}}{\text{área}}. \quad (3.19)$$

Portanto, empregando-se a potência fornecida pela fonte como $P_f = \frac{dU}{dt}$, da equação 3.12, e para uma onda de campo elétrico tridimensional tem-se,

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = E_0 \text{sen}(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t) \hat{i}, \quad (3.20)$$

$$\vec{E} \times \vec{B} = \frac{E_0^2}{c} \text{sen}^2(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t) \hat{k}, \quad (3.21)$$

$$|\vec{E} \times \vec{B}| = \frac{E_0^2}{2c} = \frac{1}{2} c \mu_0 \varepsilon_0 E_0^2, \quad (3.22)$$

$$|\vec{E} \times \vec{B}| = \mu_0 I. \quad (3.23)$$

$$P_f = \int \int \vec{S} \cdot \hat{n} da. \quad (3.24)$$

Uma fonte pontual de ondas eletromagnéticas emite as ondas isotropicamente, ou seja, com a mesma intensidade em todas as direções. A intensidade de uma onda eletromagnética a uma distância d de uma fonte pontual de potência P_f é dada por:



A área da esfera é:

$$A = 4 \cdot \pi \cdot d^2$$

Figura 3.14: Representação da esfera de emissão da onda tridimensional, a partir da fonte geradora. Fonte: os autores.

Logo, da emissão isotrópica da equação 3.24, tem-se que,

$$\vec{S} \cdot \hat{n} = S \cdot \hat{r} = S, \quad (3.25)$$

fazendo-se $d = r$,

$$P_f = 4 \pi d^2 S, \quad (3.26)$$

$$I = S = \frac{P_f}{4 \pi d^2}, \quad (3.27)$$

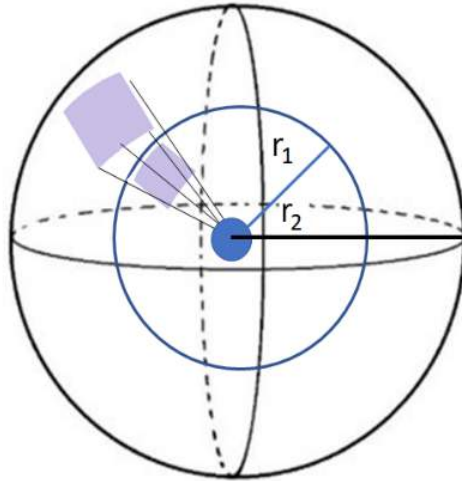


Figura 3.15: *Representação das esferas de emissão da onda tridimensional e da relação Potência sobre Área superficial igual à Intensidade. Fonte: os autores.*

Capítulo 4

Aplicação do Produto Educativo

4.1 Método de Aplicação

Para melhor compreender os resultados, apresentados nos próximos itens, é necessário estabelecer as bases da metodologia de aplicação.

Ela faz referência à aplicação do produto, principalmente para a apreciação do envolvimento dos estudantes no projeto, por tratar-se de uma atividade não curricular, para a qual eles foram convidados a participar e atenderam voluntariamente à proposta. Os resultados mostrados aqui não foram considerados para composição de notas escolares.

O interesse, em princípio, veio por parte do professor com a informação quanto as características que distinguem o conhecimento científico do popular (senso comum), no que diz respeito, principalmente, a realidade dos fatos, abordada pela ciência, em contraposição a uma valoração individual e dúbia – ou não fundamentada, cerne do conhecimento comum sobre temas diversos.

Nesse sentido o produto aborda uma nova concepção de ensino, que tem por alicerce uma Teoria de Aprendizagem que direciona os esforços do docente para o processo de Ensino-Aprendizagem, de modo que os *scores* mostrados são somente uma das formas de se avaliar a compreensão dos estudantes, mas que considera os esforços de ambos – estudantes, em compreender – e docente, em ficar disponível para melhorar essa compreensão, tendo-a como o foco do processo educativo.

Essa é uma das importantes contribuições trazidas por [17]: o olhar para o processo de aprendizagem como uma construção ininterrupta do conhecimento, respeitando-se as dificuldades originais de cada estudante. Processo que não exclui, na atribuição das notas, mas alerta ao professor sobre os pontos frágeis do processo, sob a ótica do acolhimento e da inclusão.

Nesse sentido, a escolha da metodologia prevê a disponibilização das aulas em vídeos para consultas posteriores, no tempo de demanda próprio de cada um, e a assistência do professor na resolução de dúvidas e reflexões sobre o

tema, que envolve o uso da tecnologia aplicada à vida, por meio do processo de irrigação que requer, naturalmente, conhecimentos da Física.

Assim, mesmo que se admita a ciência como algo falível e aproximadamente exato, e que “novas técnicas e proposições possam reformular ou corrigir uma teoria já existente” [18], p. 23, ainda ela deve ser preferida com relação ao conhecimento comum, que além de falível é inexato, pois conforma-se com a aparência e com o que ouvimos dizer a respeito de um objeto ou fenômeno, dificulta a formulação de hipóteses sobre o que está fora da percepção humana.

Dentre os tipos de pesquisa, a realização do objetivo impôs a pesquisa aplicada, pela necessidade de se explorar o universo educacional, mesmo que por meio de uma pequena amostra de estudantes, dirigido por procedimentos experimentais [18], p. 51.

Na pesquisa experimental, ao determinar-se um objeto de estudo, são selecionadas variáveis capazes de influenciar os resultados, por isso a necessidade de controlar e observar os efeitos da intervenção (aplicação do produto educacional) procurando refazer as próprias condições de aprendizagem para torná-las disponíveis aos estudantes, plenamente assistidos pelo professor/pesquisador.

O espaço escolar, por meio de manipulação pensada e refletida para produzir um objetivo – a construção de um conhecimento – permite o estudo da causa e efeito, mesmo que de forma qualitativa. Admite-se, portanto, a interferência do pesquisador em prol de um conhecimento mais rico em como os estudantes aprendem.

“Outro aspecto importante é a diferença entre pesquisa experimental e pesquisa de laboratório. Embora o experimento predomine no laboratório, é possível utilizá-lo também nas ciências humanas e sociais. Nesse caso, o pesquisador faz seu experimento em campo [18], p. 57.”

Do ponto de vista da abordagem do problema,

“a pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Tal pesquisa é descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem” [18], p. 70).

Dito isso, relacionam-se a seguir os procedimentos e resultados, na ordem cronológica de ocorrência.

CRONOGRAMA DE AULAS APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL MNPEF

PRODUTO EDUCACIONAL: IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICA COM PROGRAMAÇÃO EM ARDUÍNO E TRANSFERÊNCIA E AQUISIÇÃO DE DADOS POR RÁDIO FREQUÊNCIA DE XBEE.

PERÍODO DE APLICAÇÃO: DE 14.03.22 A 30.03.22

DURAÇÃO DAS AULAS: 50min CADA

MATERIAL UTILIZADO PARA AS AULAS TEÓRICAS: TV 42 POLEGADAS, NOTEBOOK, QUADRO MAGNÉTICO, PINCEL, GIZ E APAGADOR.

TURMAS: 2ª e 3ª SÉRIES DO ENSINO MÉDIO

TURNO: VESPERTINO

ESCOLA DE APLICAÇÃO: ESCOLA ESTADUAL RAIMUNDO NONATO LEITE

CIDADE DE APLICAÇÃO: SÍTIO NOVO DO TOCANTINS / TO

SITUAÇÃO DA ESCOLA: ZONA RURAL

POVOADO: OLHO D'ÁGUA DO COCO

LOCAL DE APLICAÇÃO DO PRODUTO: SALA DE VÍDEO DA PRÓPRIA ESCOLA

PROFESSOR APLICADOR: FRANCISCO RODRIGUES DE FRANÇA FILHO

ORIENTADOR: PROF. DR. NILO MAURÍCIO SOTOMAYOR CHOQUE

CO-ORIENTADORA: PROFA. DRA. SHIRLEI NABARRETE DEZIDERIO

ASSUNTO DA APLICAÇÃO: ONDAS: CONCEITOS, TIPOS, NATUREZA, CLASSIFICAÇÃO, VIBRAÇÃO, POTÊNCIA, COMPRIMENTO, AMPLITUDE, CRISTA, VALE, ENERGIA, INTENSIDADE, FREQUÊNCIA, EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA ONDULATÓRIA.



Figura 4.1: Aula de aplicação do produto educacional. Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Descrição da dinâmica das aulas para aplicação do produto educacional

1. As aulas foram ministradas na sala de vídeo da Escola Estadual Raimundo Nonato Leite, localizada no povoado Olho d'água do Coco, zona rural, do município de Sítio Novo do Tocantins/TO, que fica cerca de 6km para o centro da cidade.
2. Foram unidas as turmas de 2ª série (12 alunos) e 3ª série (16 alunos).
3. O professor faz a explicação do conteúdo programado referente a aula.
4. O professor usou uma tv de 42 polegadas interligada em um notebook para explicação do conteúdo em slides.
5. O professor usou o quadro para fazer explicações extras, analogias, exemplos, fórmulas e dúvidas dos alunos referentes as aulas aplicadas.
6. Após a aula de aplicação o professor envia um vídeo no aplicativo criado, vídeo no qual foi apresentado em sala durante as aulas, e todas as anotações feitas no quadro em formato de foto.
7. Após enviar o vídeo e fotos da aula aplicada, duas horas depois ou mais, o professor envia uma lista de frequência junta com uma lista de exercícios referente a aula aplicada.
8. Após as aulas o professor envia uma lista de exercícios, referente a aula, por um grupo de aplicativo que todos os alunos foram cadastrados antes das aulas de aplicação.
9. Os alunos seguiram os protocolos de segurança e higiene referente a

COVID-19.

10. Após o envio do vídeo, fotos, frequência e lista de exercícios, o professor fica on-line no aplicativo para eventuais dúvidas e esclarecimentos dos estudantes envolvidos no projeto.

11. Foi estipulado um prazo de entrega da lista de exercícios respondida após seu envio no aplicativo, prazo de 3 a 4 dias.

12. O professor fica a disposição no aplicativo por todo o período de aplicação do produto educacional, desde a 1ª aplicação, até o último dia de aplicação.

13. O professor tira dúvidas dos alunos nas aulas presenciais após as aulas de aplicação.

14. O professor monitora, pela planilha do Google forms, os alunos que fizeram e que faltavam fazer a lista de exercícios.

15. A média de alunos assistindo as aulas presencial foram em média de 28 alunos nos quatros dias de aula de aplicação do produto educacional.

16. Foram cadastrados 29 estudantes, cinco (5) deles acompanharam as aulas pelo aplicativo e tirando dúvidas com o professor. Apenas um (1) estudante não compareceu em nenhuma das aulas de aplicação, o mesmo estava em processo de transferência de Escola.

Plantão de dúvidas

Feito diariamente pelo aplicativo no grupo desde a 1ª aula de aplicação e no privado a qualquer hora no decorrer do dia e noite.

Dúvidas sobre as aulas, os vídeos, os conteúdos, listas de exercícios e produto educacional.

Situação 2ª série do Ensino Médio

Turma apenas com a base de conteúdo de Física da 1ª série do Ensino Médio do ano anterior que tinha sido um Ensino Híbrido, ou seja, semipresencial.

Foi passado o conteúdo de Ondas sem antes ter apresentado nenhum outro conteúdo de Física de 2ª série.

Situação 3ª série do Ensino Médio

Turma apenas com a base de conteúdo de Física da 2ª série do Ensino Médio do ano anterior que tinha sido um ensino híbrido, ou seja, semipresencial.

Foi passado o conteúdo de Ondas sem antes ter apresentado nenhum outro conteúdo de Física de 3ª série.

Esta turma entra para aplicação do produto educacional com conhecimentos prévias sobre ondas vistos no ano anterior.

4.3 Resultados

1ª Aula

Tipos de Ondas: Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas

Tipos de ondas: 1D, 2D e 3D

Características das Ondas: amplitude, comprimento de onda, crista e vale.

Dia 14.03.2022

A tarde foi aplicada a 1ª aula presencialmente na escola. Na mesma noite, foi enviada uma foto do quadro com as observações feitas durante a aula apresentada, foi enviado o vídeo sobre a aula 1 e enviado lista 1 de exercícios. Tirando dúvidas com os alunos após o envio da lista 1 na mesma noite pelo aplicativo no grupo criado e no privado. Tivemos 23 alunos presentes na aula 1. Foram cadastrados 29 alunos no grupo de aplicativo e no Google forms. Aula 1 foi ministrada na sala de vídeo.

Dia 15.03

Aula tira dúvidas presencial sobre a aula 1 de aplicação, tirando dúvidas da lista, fazendo explicação com alunos que faltaram a aula 1 e orientando os alunos que ainda não tinham feito a lista 1. Tirando dúvidas com alunos na escola pelo aplicativo no grupo criado e no privado sobre a aula 1 e lista 1 de exercícios.

Dia 16.03

Aula tira dúvidas presencial sobre a aula 1 de aplicação, tirando dúvidas da lista, fazendo explicação com alunos que faltaram a aula 1 e orientando os alunos que ainda não tinham feito a lista 1. Tirando dúvidas com alunos na escola pelo aplicativo no grupo criado e no privado sobre a aula 1 e lista 1 de exercícios. Dos 29 alunos cadastrados no Google Forms, 28 alunos responderam a lista 1 de exercício até o fim da tarde de hoje. 25 alunos inclusos no grupo do aplicativo.

Segue abaixo o resultado da lista 1 de exercícios enviada no grupo feito no aplicativo WhatsApp, elaborada no Google Forms no dia 14 de março de 2022, na 1ª aula de aplicação do produto educacional:

- a. Continha nove questões de múltipla escolha com quatro itens, apenas um item correto.
- b. Cada questão foi estipulada um valor de 10 pontos, sendo 90 pontos no total.

Série	Total de estudantes	Média
2 ^a	12	8,4
3 ^a	16	9,8

Tabela 01 – Relação de desempenho dos estudantes na aplicação da 1^a lista de exercícios no dia 14/03/22. Elaborado pelo autor

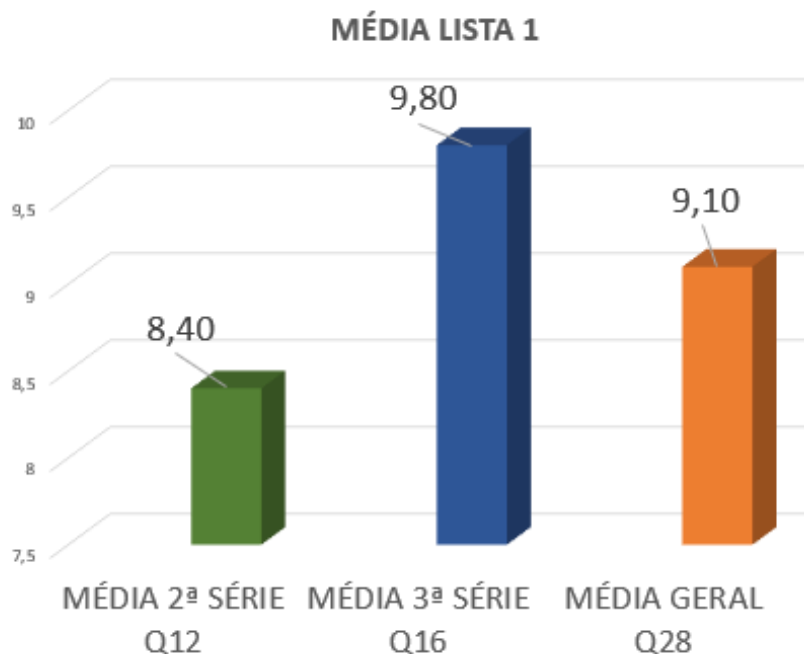


Figura 4.2: Gráfico de desempenho dos estudantes na aplicação da 1^a lista de exercícios. Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda:

Q12 – quantidade de alunos igual a 12.

Q16 – quantidade de alunos igual a 16.

Q28 – quantidade de alunos igual a 28.

Da primeira lista, as duas questões mais comentadas e discutidas pelos estudantes são destacadas a seguir:

QUESTÕES MAIS COMENTADAS E DISCUTIDAS – LISTA 1

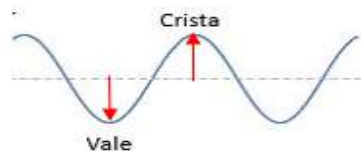
Na geração de uma onda de rádio uma das características da onda nunca se altera, pois ela depende da fonte de geração. Assinale qual das características é citada no texto:

- velocidade.
- frequência.
- comprimento de onda.
- amplitude.

Em uma Onda (veja a figura), encontramos a Crista e o Vale, ambos determinam a intensidade da onda em um ciclo completo, a partir da linha pontilhada.

Que nome damos a essa qualidade da Onda?

- a. Frequência
- b. Velocidade
- c. Comprimento de Onda
- d. Amplitude



Na primeira delas, o tema fica em torno do que pode ser considerada a impressão digital de uma onda, ou seja, a sua frequência.

É importante observar que essa é uma informação de ser compreendida, pois ao se fixar a frequência como marca de nascimento de uma onda, produzida pela fonte geradora da onda, o estudante – ao se deparar com a equação fundamental – tem um ponto de partida na construção do conhecimento proposto.

Se a frequência não se altera, ao alterar a velocidade, o comprimento de onda fatalmente será alterado e, a partir daí, já é possível propor uma discussão sobre proporcionalidade direta e inversa das outras grandezas físicas envolvidas, já que a frequência é tida como a constante de proporcionalidade.

Claro que nem todos serão capazes de abstrair tal fato, mas já há, dentre os seus conhecimentos, algo para fundamentar discussões futuras e, tendo o conhecimento como construção, isso é imprescindível para a manutenção do interesse pelo estudo, algo muito desejável naqueles que frequentam as escolas.

Na segunda questão, a amplitude aparece como algo a ser mais bem explicado e compreendido, pois tem relação direta com a intensidade da onda, tema que entra na discussão de alcance e de potência da onda.

2ª aula

Tipos de ondas: Transversais e Longitudinais

Características das ondas: velocidade, frequência e espectro eletromagnético

Equação Fundamental da Ondulatória.

Dia 17.03.2022

A tarde foi aplicada a 2ª aula presencialmente na escola. Na mesma noite, foi enviado uma foto do quadro com as observações feitas durante a aula apresentada, foi enviado o vídeo sobre a aula 2 e enviado lista 2 de exercícios. Tirando dúvidas com os alunos após o envio da lista 2 na mesma noite pelo aplicativo

no grupo criado e no privado. Tivemos 23 alunos presentes na aula 2. Foram cadastrados 29 alunos no grupo. Aula 2 foi ministrada na sala de vídeo.

Dia 18.03

Aula tira dúvidas presencial sobre a aula 2 de aplicação, tirando dúvidas da lista, fazendo explicação com alunos que faltaram a aula 2 e orientando os alunos que ainda não tinham feito a lista 2. Tirando dúvidas com alunos na escola pelo aplicativo no grupo criado e no privado sobre a aula 2 e lista 2 de exercícios.

Dia 19.03

Plantão tira dúvidas (o dia inteiro) com alunos pelo aplicativo no grupo e privado sobre a aula 2 e lista 2. Monitorando as respostas e resultados. Os alunos que ainda não tinham feito a lista 2, eram chamados no privado para saber por que ainda não tinha feito a atividade 2.

Dia 20.03

Plantão tira dúvidas (o dia inteiro) com alunos pelo aplicativo no grupo e privado sobre a aula 2 e lista 2. Monitorando as respostas e resultados. Os alunos que ainda não tinham feito a lista 2, eram chamados no privado para saber por que ainda não tinha feito a atividade 2.

Segue abaixo o resultado da lista 2 de exercícios enviada no grupo feito no aplicativo WhatsApp, elaborada no Google Forms no dia 17 de março de 2022, na 2ª aula de aplicação do produto educacional:

- a. Continha nove questões de múltipla escolha com quatro itens, apenas um item correto.
- b. Cada questão foi estipulada um valor de 10 pontos, sendo 90 pontos no total.

Série	Total de estudantes	Média
2ª	12	9,4
3ª	16	9,7

Tabela 02 – Relação de desempenho dos estudantes na aplicação da 2ª lista de exercícios no dia 17/03/22. Elaborado pelo autor

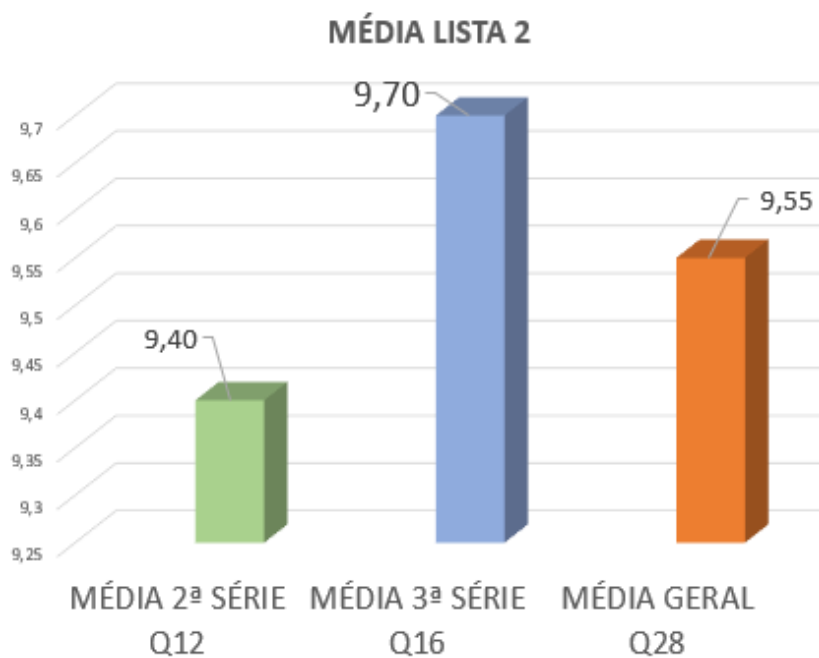


Figura 4.3: Gráfico de desempenho dos estudantes na aplicação da 2ª lista de exercícios. Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda:

Q12 – quantidade de alunos igual a 12.

Q16 – quantidade de alunos igual a 16.

Q28 – quantidade de alunos igual a 28.

QUESTÕES MAIS COMENTADAS E DISCUTIDAS – LISTA 2

Analisando as variáveis λ e f , na equação fundamental da ondulatória, para ondas que viajam com a mesma velocidade, é correto afirmar que:

- a frequência f é diretamente proporcional ao comprimento de onda λ ;
- a frequência f é inversamente proporcional ao comprimento de onda λ ;
- o comprimento de onda λ , é uma constante;
- as três variáveis v , λ e f , não possuem relação entre si.

Determine o valor da Frequência f .

- 6.750.000.000 Hz ou 6,75 GHz
- 3.750.000.000 Hz ou 3,75 GHz
- 3.000.000.000 Hz ou 3 GHz
- 6.000.000.000 Hz ou 6 GHz

É possível observar, pelas dúvidas que circundaram a primeira questão mais discutida da segunda lista, que grandezas inversamente proporcionais aparecem como um problema a mais a ser diferenciado.

Se na primeira lista a pergunta era sobre uma onda, e nesse caso a frequência era constante, e as outras grandezas eram diretamente proporcionais, agora a

situação é outra.

São várias ondas, que viajam a mesma velocidade, e o foco do problema é desviado para a velocidade ser a constante, enquanto as outras grandezas são inversamente proporcionais. O ambiente é rico para discussões e diferenciações, que são, por sua vez, tema muito discutido na abordagem de Ausubel, na apresentação da teoria que fundamenta a escolha da metodologia.

No segundo caso, da outra questão, a matemática envolvida ainda não é de domínio dos estudantes, que preferem não trabalhar com notação científica, por causa das potências, mas também não dominam as operações básicas, como seria desejável no Ensino Médio.

3ª aula

ASSUNTO: Potência, intensidade e alcance das ondas eletromagnéticas

Dia 21.03.2022

A tarde foi aplicada a 3ª aula presencialmente na escola. Na mesma noite, foi enviado uma foto do quadro com as observações feitas durante a aula apresentada, foi enviado o vídeo sobre a aula 3 e enviado lista 3 de exercícios. Tirando dúvidas com os alunos após o envio da lista 3 na mesma noite pelo aplicativo no grupo criado e no privado. Tivemos 21 alunos presentes na aula 3. Foram cadastrados 29 alunos no grupo. Aula 3 foi ministrada na sala de vídeo.

Dia 22.03.2022

Aula tira dúvidas presencial sobre a aula 3 de aplicação, tirando dúvidas da lista, fazendo explicação com alunos que faltaram a aula 3 e orientando os alunos que ainda não tinham feito a lista 3. Tirando dúvidas com alunos na escola pelo aplicativo no grupo criado e no privado sobre a aula 3 e lista 3 de exercícios.

Dia 23.03.2022

Aula tira dúvidas presencial sobre a aula 3 de aplicação, tirando dúvidas da lista, fazendo explicação com alunos que faltaram a aula 3 e orientando os alunos que ainda não tinham feito a lista 3. Tirando dúvidas com alunos na escola pelo aplicativo no grupo criado e no privado sobre a aula 3 e lista 3 de exercícios.

Segue abaixo o resultado da lista 3 de exercícios enviada no grupo feito no aplicativo WhatsApp, elaborada no Google Forms no dia 21 de março de 2022, na 3ª aula de aplicação do produto educacional:

a. Continha nove questões de múltipla escolha com quatro itens, apenas um item correto.

b. Cada questão foi estipulada um valor de 10 pontos, sendo 90 pontos no total.

Série	Total de estudantes	Média
2 ^a	12	9,9
3 ^a	16	9,7

Tabela 03 – Relação de desempenho dos estudantes na aplicação da 3^a lista de exercícios no dia 22/03/22. Elaborado pelo autor

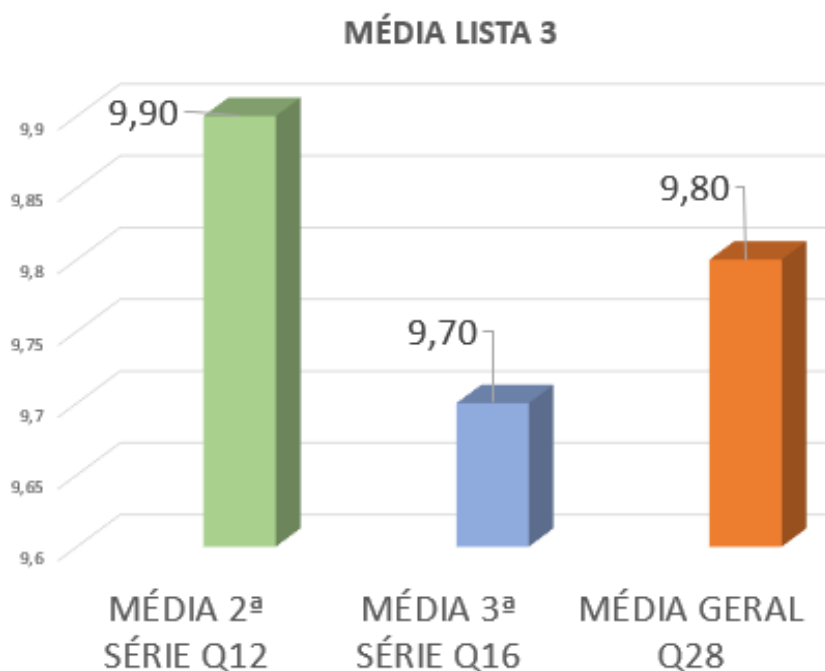


Figura 4.4: Fonte: Gráfico de desempenho dos estudantes na aplicação da 3^a lista de exercícios. Elaborado pelo autor.

Legenda:

Q12 – quantidade de alunos igual a 12.

Q16 – quantidade de alunos igual a 16.

Q28 – quantidade de alunos igual a 28.

QUESTÃO MAIS COMENTADA E DISCUTIDA – LISTA 3

Ao medir a intensidade de uma onda eletromagnética, primeiro a uma distância d da torre em que é transmitida e, em seguida, a $d/2$ de distância da torre, o valor da primeira medida será:

- maior que o da segunda.
- a metade do da segunda.
- a terça parte do da segunda.
- um quarto do da segunda.

As dúvidas quanto à questão da lista 3, que envolve a álgebra para resolver problemas (uso de letras em substituição aos números, na matemática), apontam a atenção para o fato de que esta é outra lacuna de formação, recorrente na fala dos estudantes, que dizem preferir substituir os valores para resolver os problemas de física. Veja que isso não é motivo para desistir de utilizar e

ensinar a álgebra, mas o contrário, é uma oportunidade de verificar um fato e tomar consciência dele para poder agir em sua correção.

Sobre as perguntas finais, sobre a aplicação do produto e a experiência de ter participado da pesquisa, é possível inferir, que a avaliação foi boa, no geral.

Quando foi solicitado que associassem palavras aos significados, somente a resposta de número 5 atendeu à solicitação, enquanto as outras se detiveram em elencar as palavras, o que pode significar falta de correlações ou, pouco comprometimento com a resposta, além de outras possibilidades.

Outra observação a partir das respostas é que existe uma motivação para o estudo atrelada ao “para que serve”, ou seja, saber que os conhecimentos são necessários para um propósito específico parece fazer parte da cultura dos respondentes, como se o conhecimento em si, não servisse para outras coisas – como o desenvolvimento e modelagem das estruturas cognitivas em questão – o que indica a presença do utilitarismo associado à educação popular e a escassa discussão sobre como o cérebro humano processa informações – na memória de trabalho – para transforma-las em conhecimentos específicos e utilizáveis.

Duas respostas negativas dos estudantes à questão de se sentirem livres para questionar é algo a ser mais investigado, pois pode indicar que não veem o processo educacional como algo em que o comprometimento do estudante é indispensável, como afirma Ausubel, ou que diante de tanta indiferença cotidiana eles perderam o interesse na busca pelo conhecimento, o que não pode ser deixado de lado quando o tema está em relação com a eficácia escolar.

A mesma coisa pode ser pensada na negativa dos mesmos estudantes em se sentir mais ou menos atendido pelo professor do que em uma aula normal, considerando que nelas o plantão de dúvidas e a disponibilidade do docente pode ser mais restrita.

Cerca de 1/3 dos estudantes (referente a Lista-3 de exercícios) foi identificado uma certa dificuldade em responder as questões de física devido à falta de autonomia em resolver operações matemáticas, como mostram as respostas à sexta pergunta.

As respostas dos estudantes da sétima questão, teve como resultado a afirmação de que compreenderam o que era perguntado sobre os temas em mais de 4/27 das questões, o que mostra que as discussões com o professor e a dedicação dele em repetir a explicação sempre que necessário surtiram efeito. Claro que isso também pode estar relacionado à disponibilidade das aulas em vídeos, pois essa é uma alternativa a mais para atender aos estudantes de forma individual.

Na pergunta de número 8, destaque para uma das respostas, nas palavras do respondente: “A forma como o professor teve paciência em ajudar com as explicações para que os alunos compreendessem da melhor forma”, que mostra a percepção de algo diferente na proposta desta metodologia. Isso implica na necessidade de uma teoria capaz de explicar a prática que realiza a Aprendizagem Significativa e mostra que a disponibilidade recorrente do professor pode

gerar a prática recorrente das perguntas que subsidiam reflexões e autonomia intelectual.

A questão nove, que intencionava a crítica do estudante ao comprometimento em atender à proposta mostra que a maioria conseguiu se dedicar, com exceção de um estudante que relata pouco comprometimento de sua parte. Os resultados e acertos nas questões confirmam essa perspectiva.

Ao ser questionado sobre sua confiança na aprendizagem sobre o tema proposto, 80% dos estudantes se dizem aptos a responder sobre o que viram no projeto. Isso é muito motivador, pois sugere que a proposta produziu a confiança necessária para a manutenção de aprendizagens futuras.

A seguinte traz a informação de que todos compreendem a frequência de uma onda como algo que “nasce” com ela, fato muito recorrente em questões de vestibulares, o que indica que este grupo de estudantes não seria surpreendido num vestibular por uma questão sobre isso.

Para finalizar, a maioria dos estudantes aponta que experimentos e práticas são um bom caminho para o comprometimento deles aos estudos, o que não deve ser desconsiderado na análise da proposta.

4ª aula

Produto/Prática: apresentação sistema automático de irrigação na prática

Dia 24.03.2022

Aplicado a 4ª aula presencialmente na escola. Aula referente a apresentação do produto educacional em funcionamento, mostrando a funcionalidade do sistema automático de irrigação que será utilizado na horta da escola, e detectando onde se aplica os conceitos de Ondas estudados nas três aulas anteriores de Física.

Dia 25.03.2022

Aula tira dúvidas presencial sobre a aula 4, tirando dúvidas referente ao sistema físico dos equipamentos, da funcionalidade de ondas de rádio do sistema, fazendo explicação com alunos que faltaram a aula 4. Tirando dúvidas com alunos na escola e pelo aplicativo no grupo criado e no privado sobre a aula 4. Não foi passado nenhuma lista de exercícios referente a aula 4.

Os resultados da aplicação do produto e as respostas dos estudantes aos questionários relativos ao experimento estão inseridos nas duas próximas aulas.

5ª aula

Questionário avaliativo sobre a aplicação em sala do produto educacional no geral.

Dia 28.03.2022

Aplicado um questionário com 12 questões subjetivas sobre a aplicação do produto educacional, metodologia aplicada em sala e avaliação pessoal na turma de 2ª série do ensino médio.

A seguir, as questões propostas aos estudantes e respectivas respostas.

Questionário final sobre a metodologia e produto educacional aplicado na turma de 2ª série do ensino médio

Questão 1. Ao participar deste estudo você entrou em contato com aulas, vídeos e exercícios, propostos para ampliar sua visão para além dos conteúdos da Física, associando-os a uma aplicação onde são utilizados. Com suas palavras, descreva esta experiência.

RESPOSTAS

1. Experiencia boa.
2. Ter uma experiência em ter uma disposição maior e ter aprendido várias coisas.
3. Eu achei que foi uma experiencia muito interessante que pode ajudar os alunos a ter conhecimentos com as aulas que foram feitas.
4. Foi uma aula explicando como era as ondas eletromagnéticas, velocidade da onda, comprimento de ondas e a frequência.
5. Foi boa, deu para aprender um pouco.
6. Experiencia muito boa, pena que não consegui assistir todas as aulas.
7. Foi uma experiencia boa.
8. Sim, foi uma bela experiência.
9. Foi uma experiencia boa demais.
10. Foi uma experiência boa demais.
11. Foi ótimo! Já que utilizamos as ondas eletromagnéticas em todos os aparelhos além de saber sobre as frequências que até cada um de nós temos uma.

Questão 2. Liste palavras relacionadas ao que você estudou neste projeto e tente associar, a cada uma, o que você compreende sobre ela.

RESPOSTAS

1. Ondas eletromagnéticas, velocidade das ondas, potência, intensidade, conceito de ondas, cálculos relacionados as ondas, aula prática com sensores para projetos de saberes do campo relacionados as ondas eletromagnéticas.
2. Tecnologia é uma coisa intelectual que tem vários ramos e objetivos
3. Estudamos sobre ondas eletromagnéticas, potência, ondas sonoras e velocidade da luz
4. Ondas eletromagnéticas
5. Comprimento de onda, é a distância de uma crista para outra

6. Estudei sobre ondas eletromagnéticas, comprimento de onda, e foi muito bom para mim

7. Estudamos sobre ondas eletromagnéticas, ondas sonoras, potência, velocidade da luz e aula prática também.

8. Comprimento de onda

9. Ondas eletromagnéticas, velocidade das ondas, potência, intensidade e conceito das ondas

10. Ondas eletromagnéticas, velocidade das ondas, potência, intensidade e conceito das ondas

11. Ondas eletromagnéticas, frequência e comprimento de onda

Questão 3. O fato de saber onde aplicar um conhecimento motivou você a assistir aos vídeos e a responder as listas de exercícios?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, nove (9) responderam "SIM", sem mais considerações. Os outros dois estudantes responderam da seguinte forma:

1. Sim, saber como funcionam as ondas eletromagnéticas em relação aos aparelhos com energia, em pensar que no futuro serão muito utilizados.

2. Sim, para ter um conhecimento melhor que incentivou para eu fazer essa atividade.

Questão 4. Você teve acesso ao professor para tirar dúvidas e compreender os conceitos envolvidos. A pergunta é: você sentiu liberdade para conversar com ele e tirar suas dúvidas?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, nove (9) responderam "SIM", sem mais considerações. Os outros dois estudantes responderam da seguinte forma:

1. Sim, eu só não tive dúvidas porque as aulas foram bem explicadas

2. Sim, ele explicou tudo direitinho, e entendi tudo que ele tinha falado

Questão 5. Durante as aulas do projeto, você se sentiu mais ou menos atendido em suas dúvidas do que em uma aula normal?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, oito (8) responderam "SIM", sem mais considerações. Os outros três (3) estudantes responderam "NÃO".

Questão 6. Sobre suas dúvidas, no decorrer das aulas, você atribui que foram mais ligadas aos conceitos ou à resolução das operações matemáticas envolvidas?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, sete (7) responderam "SIM", sem mais considerações. Os demais estudantes responderam da seguinte forma:

1. Resolução das operações matemáticas
2. Operações matemáticas, mas só as fórmulas
3. Sobre a resolução das operações matemáticas
4. Operações matemáticas que eu resolver para e ter um conhecimento melhor

Questão 7. Você teve dificuldade com o enunciado de alguma, ou de algumas questões? Quais, ou quantas do total de 27?

RESPOSTAS

1. Não porque eu prestei atenção nas aulas
2. Nenhuma
3. Quatro questões
4. Apenas duas questões
5. Sim
6. Eu tive alguma dúvida em algumas questões
7. Quatro questões
8. Não tive dificuldade em nenhuma questão
9. Não
10. Umas quatro questões
11. Tive algumas dificuldades porque errei quatro questões, mas apesar das minhas dificuldades, eu consegui responder de boa

Questão 8. O que você diria o que foi a coisa mais importante que aprendeu durante estas aulas?

RESPOSTAS

1. Eu aprendi muito como são as ondas eletromagnéticas
2. Foi sobre os sensores, comprimento de onda e sobre as ondas
3. Sim
4. A forma como o professor teve paciência em ajudar com as explicações para que os alunos compreenderem da melhor forma
5. Eu aprendi um pouco sobre as ondas sobre algum tipo de ondas
6. Eu aprendi um pouco sobre ondas e tipos de ondas
7. Sobre as ondas eletromagnéticas
8. O que acho mais importante foi sobre as ondas sonoras, a velocidade da luz e ondas eletromagnéticas
9. Saber como funcionam as frequências de cada onda e saber que elas não mudam e cada uma tem seu tipo, e a diferença entre as ondas eletromagnéticas e sonoras
10. As tecnologias e aprendizados que o professor falou
11. Eu achei muito importante a aula prática foi muito interessante

Questão 9. De 0 a 10, qual a nota você daria para seu comprometimento nas aulas? Marque abaixo.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

RESPOSTAS

Um estudante marcou 6

Três estudantes marcaram 8

Três estudantes marcaram 9

Quatro marcaram 10

Questão 10. De 0 a 100%, quanto você acredita ter apreendido do conteúdo abordado pela proposta, a ponto de se sentir confortável em responder mais questões? Marque abaixo.

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

RESPOSTAS

Dois estudantes marcaram 50%

Um estudante marcou 80%

Quatro marcaram 90%

Quatro marcaram 100%

Questão 11. Todos nós temos uma impressão digital que nos diferencia. E sobre uma onda, dentre velocidade, comprimento de onda e frequência, qual você pensa que poderia corresponder a “impressão digital” dela? Ou o que distingue uma onda de outras?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, oito (8) responderam "FREQUÊNCIA", sem mais considerações. Os demais estudantes responderam da seguinte forma:

1. Só a frequência
2. Frequência, impressão digital
3. Frequência e oscilações entre as ondas

Questão 12. Deixe-nos uma mensagem sobre como você acredita que esta experiência poderia ser melhorada.

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, três (3) responderam "Que não sabia". Os demais estudantes responderam da seguinte forma:

1. Que se fale mais sobre ondas
2. Para melhorar, seria bom que tivesse mais experiências como essa
3. Mais aulas práticas
4. A experiência foi boa, acho que tem que ter mais experiências assim
5. Foi tudo perfeito, mas para melhorar ainda mais, gostaria de mais aulas práticas
6. Podia melhorar com mais tecnologia

7. Mais aulas práticas
8. Mais aulas práticas, que é muito bom

6ª aula

Questionário avaliativo sobre a aplicação do produto educacional no geral.

Dia 30.03.2022

Aplicado um questionário com 12 questões subjetivas sobre a aplicação do produto educacional, metodologia aplicada em sala e avaliação pessoal na turma de 3ª série do ensino médio.

A seguir, as questões propostas aos estudantes e respectivas respostas.

Questionário final sobre a metodologia e produto educacional aplicado na turma de 3ª série do ensino médio

Observação

O questionário final aplicado na 2ª série e na 3ª série, são as mesmas perguntas e quantidades, apenas foi aplicado em dias diferentes com as turmas separadas em suas respectivas aulas conforme os horários normais das aulas de rotina. No total, responderam onze (11) alunos

Questão 1. Ao participar deste estudo você entrou em contato com aulas, vídeos e exercícios, propostos para ampliar sua visão para além dos conteúdos da Física, associando-os a uma aplicação onde são utilizados. Com suas palavras, descreva esta experiência.

RESPOSTAS

1. Foi uma experiencia boa, pois aprendi muitos assuntos e projetos que eu não conhecia
2. Sim, são utilizados no auditório, na sala de vídeo, e vai ser utilizado no nosso canteiro e horta
3. Deu exemplos de ondas, falou da amplitude, frequência e ele levou alguns objetos e nos falou o nome e pra que serve cada um
4. Ao decorrer das aulas, os conteúdos utilizados para o ensinamento, a visão foi ampla dos conteúdos
5. Sim, porque eu tive experiência, foi bom para os conteúdos
6. Foi uma aula muito interessante, aprendi muitas coisas, deveria ter mais aulas dessas, aprendi coisas demais
7. Em muitos lugares nós podemos utilizar. Nós poderíamos ter mais aulas assim para aprendermos
8. Gostei do projeto, foi muito bom utilizar na aula, porque aprendemos a trabalhar com tecnologias, a irrigação de água para plantar com sensores elétrico sem fio

9. Foi uma experiencia joia, só que eu ainda tenho um pouco de dificuldades
10. As minhas experiencias e que quanto mais perto, melhor vai ser as ondas
11. Está sendo uma experiencia muito boa

Questão 2. Liste palavras relacionadas ao que você estudou neste projeto e tente associar, a cada uma, o que você compreende sobre ela.

RESPOSTAS

1. Estudei sobre várias coisas, tipos de ondas eletromagnéticas
2. Ondas sonoras e ondas eletromagnéticas
3. Ondas eletromagnéticas e sonoras, potência e amplitude
4. Potencia, amplitude e ondas eletromagnéticas
5. Potencia, ondas, amplitude e intensidade
6. Som, amplitude, ondas eletromagnéticas e potencia
7. Sim, eu estudei ondas eletromagnéticas
8. Potencia, som, amplitude e ondas eletromagnéticas
9. Ondas, lembro de amplitude, crista e outras coisas
10. Eu estudei ondas eletromagnéticas, falamos muito sobre ondas, torre e tivemos várias formas de exemplos
11. Ondas eletromagnéticas, ondas de rádio e sobre os conceitos das ondas

Questão 3. O fato de saber onde aplicar um conhecimento motivou você a assistir aos vídeos e a responder as listas de exercícios?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, sete (7) responderam "FREQUÊNCIA", sem mais considerações. Os demais estudantes responderam da seguinte forma:

1. Sim, os sensores me motivam bastante
2. Sim, e também os vídeos e as atividades
3. O fato que fez eu me aprofundar nesse projeto, foi as tecnologias da irrigação de água nas plantas
4. Sim, isso ajuda muito, pois nos ajuda a relembrar o assunto pedido pelo exercício

Questão 4. Você teve acesso ao professor para tirar dúvidas e compreender os conceitos envolvidos. A pergunta é: você sentiu liberdade para conversar com ele e tirar suas dúvidas?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, oito (8) responderam "SIM", dois (2) responderam "NÃO" e apenas um (1) respondeu "Mais ou Menos, porque tive poucas dúvidas".

Questão 5. Durante as aulas do projeto, você se sentiu mais ou menos atendido em suas dúvidas do que em uma aula normal?

RESPOSTAS

1. Sim, eu não tinha vergonha de fazer minhas perguntas
2. Mais atendido
3. Mais atendido
4. Me senti atendido
5. Sim, atendido
6. Tinha um ótimo atendimento
7. Sim, a explicação foi bem muito melhor
8. Eu senti mais atendido na aula
9. Fui muito bem atendida, no entanto eu não tive muitas dúvidas
10. Sim, só tive dúvidas nas aulas de irrigação
11. Sim, tirei várias dúvidas da vida, nas aulas do professor

Questão 6. Sobre suas dúvidas, no decorrer das aulas, você atribui que foram mais ligadas aos conceitos ou à resolução das operações matemáticas envolvidas?

RESPOSTAS

1. Foram ligadas a outras coisas
2. Foi mais ligado nas aulas fora, não fazer nada errado
3. Sim
4. Foi mais ligado para não fazer nada errado
5. Sim, teve matemática envolvida
6. Foram ligadas a conceitos
7. Resolução de operações matemáticas
8. Mais ligado aos conceitos
9. Mais sobre os conceitos envolvidos
10. Foi ligado aos conceitos
11. Foi sobre conceitos

Questão 7. Você teve dificuldade com o enunciado de alguma, ou de algumas questões? Quais, ou quantas do total de 27?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, sete (7) responderam "QUE NÃO TIVERAM DÚVIDAS". Os demais estudantes responderam da seguinte forma:

1. Duas questões, mas o professor ajudou
2. Sim
3. Tive dificuldades em algumas perguntas, umas sete questões
4. Eu acho que não tive dificuldades, só nas últimas questões

Questão 8. O que você diria o que foi a coisa mais importante que aprendeu durante estas aulas?

RESPOSTAS

1. Eu aprender um pouco sobre as ondas de raio
2. Os conceitos das ondas é o início de tudo
3. Aprendi muito sobre a questão das ondas que eu sabia
4. Eu achei mais interessante foi quando ele estava mostrando os objetos da irrigação
5. Eu adquiri conhecimento e foi muito importante
6. Eu aprendi que tudo é feito de ondas eletromagnéticas
7. Aprendi tudo, muitas coisas interessantes que o professor passou nas aulas
8. Como as ondas podem ser bem diferentes
9. Eu aprendi as novas tecnologias da irrigação, eu achei muito interessante
10. Tudo
11. O que eu aprendi e que quanto mais perto melhor vai ser a onda eletromagnética

Questão 9. De 0 a 10, qual a nota você daria para seu comprometimento nas aulas? Marque abaixo.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

RESPOSTAS

Um estudante marcou 4

Um estudante marcou 8

Dois estudantes marcaram 9

Sete marcaram 10

Questão 10. De 0 a 100%, quanto você acredita ter apreendido do conteúdo abordado pela proposta, a ponto de se sentir confortável em responder mais questões? Marque abaixo.

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

RESPOSTAS

Um estudante marcou 10%

Um estudante marcou 60%

Seis marcaram 90%

Três marcaram 100%

Questão 11. Todos nós temos uma impressão digital que nos diferencia. E sobre uma onda, dentre velocidade, comprimento de onda e frequência, qual você pensa que poderia corresponder a “impressão digital” dela? Ou o que distingue uma onda de outras?

RESPOSTAS

Dos onze (11) estudantes que responderam, todos responderam "FREQUÊNCIA".

Questão 12. Deixe-nos uma mensagem sobre como você acredita que esta experiência poderia ser melhorada.

RESPOSTAS

1. Eu acredito que as experiências e irrigação pode ser melhor
2. Não precisa melhorar em nada
3. Para esse projeto que começou agora, eu acho que não precisa melhorar em nada, porque iniciou agora, está bom do jeito que tá.
4. É uma aula muito boa
5. Não tem nada a melhorar, porque estava tudo ótimo
6. Não precisa melhorar nada
7. Não precisa ser melhorado, pois está ótimo
8. Na minha opinião, não precisa mudar nada.
9. Poderia ser melhorado a respeito de alguns alunos fazer silêncio e ficar mais quieto nas aulas. Por que assim nem eles aprendem e não deixa quem quer aprender.
10. Melhorar a minha experiência de vida e ajudar na escola
11. Só nas aulas práticas, deixar os alunos mexer nos sensores um pouco, para ter mais um pouco de noção.

4.4 Discussão dos resultados

Das notas das listas de exercícios resolvidos pelos estudantes, é possível inferir que ela é altamente representativa de um método de acompanhamento.

Não se trata de uma pontuação sobre o que o estudante se lembra de uma aula distante no tempo, mas de verificação da aprendizagem sob supervisão de um professor que tem o objetivo de construir, e possibilitar que se construa, um novo conhecimento.

O trabalho é em prol de ancorar novos conhecimentos sobre outros, que já fazem parte da estrutura cognitiva do aprendiz, e no caso, foi considerado que não existia subsunçores relevantes para tal, para auxiliar também na construção deles, como afirma a TAS, de forma sequencial e hierárquica, organizada e relacionada à ideias semelhantes, para fundamentar os novos, não se esquecendo, absolutamente, que o tempo da construção é individual.

No entanto, conectar a frequência como algo que não se altera, nem mesmo alterando o meio de propagação é, sem dúvida, algo disponível para utilização futura e que compõe o acervo de conhecimentos relevantes do estudante, a partir da experiência.

Este é um primeiro indício de que o material não é arbitrário, pelo contrário, associa o novo conhecimento à uma lógica específica.

O resultado que se sobressai da segunda aula é também algo previsto na TAS: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, pois, ao comparar as constantes de proporcionalidades – contidas na equação fundamental da ondulatória – ora no caso de proporcionalidade direta – ora inversa – o que

se oferece aos estudantes é um exemplo prático do que eles veem na Matemática, mas com aplicação dentro do conteúdo da Física e conectado à aplicação proposta.

Da terceira aula, as notas aumentam ainda mais, indicando que ao contar com o professor para compreender os temas estudados, os estudantes adquirem autonomia de investigação e, investem em saber mais para responder melhor aos problemas propostos.

É neste ponto que é legítima a afirmação de que o processo escolar e, a aprendizagem propriamente dita, depende de investimentos e condições adequadas de Ensino, mas também do preparo dos professores e na assistência que prestam aos seus alunos, mas que é realmente importante a participação dos estudantes no processo e o comprometimento deles em compreender o conteúdo dado.

Mesmo considerando que os processos assimilativos incluem o do esquecimento, os resultados advêm da compreensão do professor de que o comprometimento gera compreensão e a compreensão dos fenômenos físicos gera aprendizagem (tanto para professores quanto para seus estudantes).

Neste caso, a aprendizagem é o prêmio pelo processo de estudo/ensino. Nenhuma outra coisa, mas a própria Aprendizagem, como mostram os resultados positivos de notas e de envolvimento no projeto, já que o aceite à participação na pesquisa foi voluntário.

Considerações Finais

Foi idealizado, construído, testado e aplicado um produto educacional integrado composto de um sistema experimental, para auxiliar e motivar e em aulas práticas de eletricidade e magnetismo em nível de ensino médio e graduação juntamente com uma apostila de propósitos didáticos para a descrição básica dos fenômenos físicos envolvidos com o sistema experimental.

O sistema experimental consistente de grupos de sistemas automáticos de irrigação com base em sensores de umidade do solo conectados a microcontroladores que acionam bombas hidráulicas de pequeno ou médio porte, por meio de relays, quando a umidade está abaixo de um valor estabelecido como limiar, funciona perfeitamente.

Nesta dissertação foi introduzido um conceito de inovação, não reportado na literatura. Trata-se da adição de módulos transceptores de ondas de rádio do tipo Xbee (roteadores), a cada sistema automático de irrigação, com intuito de se estabelecer uma rede de telecomunicações entre eles a qual é comandada por um aplicativo de software em NI-Labview instalado em um microcomputador o qual possui também uma unidade transceptora (o coordenador). O conjunto forma uma rede local de área (LAN) de dispositivos que podem enviar informação digital ao microcomputador e simultaneamente receber comandos digitais.

O sistema experimental pode ser aperfeiçoado para realizar simultaneamente aquisição de dados, controle e gráfico do comportamento de diferentes grandezas físicas, relacionadas com a irrigação, em tempo real, entretanto, este não foi o foco principal da dissertação.

Dentro da proposta e objetivos traçados na construção desse produto educacional, aliado a metodologia da aprendizagem significativa utilizada para construção do conhecimento do estudante, podemos identificar que chegamos a um resultado alcançado muito satisfatório no geral das duas turmas trabalhadas, com uma média final e geral entre todos que participaram bem elevada de 9,8 de 10,0 possíveis.

Das notas das listas de exercícios resolvidos pelos estudantes, é possível inferir que ela é altamente representativa de um método de acompanhamento.

Os resultados mostram que uma turma começou muito bem, 2ª série do ensino médio com uma média de nota 8,4, e no decorrer da metodologia utilizada foi melhorando até o fim da aplicação com uma média de nota de 9,9.

Já a outra turma, 3^a série do ensino médio, iniciou muito bem, com uma média de nota com 9,8, e praticamente se manteve com nas avaliações seguintes com uma média de nota de 9,7 de 10,0 possíveis.

Não se trata de uma pontuação sobre o que o estudante se lembra de uma aula distante no tempo, mas de verificação da aprendizagem sob supervisão de um professor que tem o objetivo de construir, e possibilitar que se construa, um novo conhecimento.

Na aplicação deste produto educacional, alguns pontos chamaram muita atenção que faz com que os resultados finais coletados nos deixe mais animados como por exemplo: as duas turmas vieram de um ano anterior com pandemia e aulas semi presenciais; todos os estudantes moram em zona rural; cerca de 80% dos estudantes não possuem ajuda em casa de pessoas com o grau de escolaridade satisfatório com formação de ensino médio ou superior; todos que iniciaram, foram até o final da aplicação; os estudantes aceitaram participar sem qualquer dificuldade ou resistência; foi o primeiro conteúdo de física de fato deste ano letivo em questão, não foi passado nenhum outro conteúdo de física antes da aplicação do produto educacional, ou seja, a base de física das duas turmas estavam ainda do ano anterior, que teoricamente a turma da 3^a série teve alguns deveria ter vistos sobre o conteúdo de Ondas no ano anterior, mas como foi um ano atípico de pandemia, não podemos contar como certo.

Durante a aplicação do produto educacional, foi identificado a partir da segunda aula nos resultados, o que a TAS (Teoria da aprendizagem significativa) previa, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora nos assuntos que contemplavam a equação fundamental da ondulatória e proporcionalidade direta e ora inversa.

Na terceira aula, foi visto um aumento ainda maior nas notas em geral, que foi atribuído ao condicionamento e adaptação dos estudantes à metodologia utilizada durante o processo de ensino aprendizagem indicando que ao contar com o professor para compreender os temas estudados, os estudantes adquirem autonomia de investigação e, investem em saber mais para responder melhor aos problemas propostos.

É neste ponto que é legítima a afirmação de que o processo escolar e, a aprendizagem propriamente dita, depende de investimentos e condições adequadas de Ensino, mas também do preparo dos professores e na assistência que prestam aos seus alunos, mas que é realmente importante a participação dos estudantes no processo e o comprometimento deles em compreender o conteúdo dado.

Referências Bibliográficas

- [1] FRANCO, MARCELO VIEIRA DUARTE. O emprego de módulos de ondas de rádio com fator de forma compatível para automação da aquisição de dados em experimentos didáticos de física. Dissertação MNPEF UFT – Araguaína TO, 2018.
- [2] AFFONSO, B. B., NASSER, F., SILVA, S. G. J., SILVA, M. C., ZLOTNIK, E., MESSINA, M. L., BARACAT, E. C. Estratégias para redução da exposição de radiação ionizante em mulheres submetidas à embolização de miomas uterinos (Strategies for reduction of exposure to ionizing radiation in women undergone to uterine fibroid embolization). *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.* v. 32, n.2, p. 77-81, 2010.
- [3] R. STAM, H. BIJWAARD. Recent developments in medical techniques involving ionising or non-ionising radiation. RIVM Report 300080010/2011, National Institute for Public Health and the Environment, The Netherlands 2011.
- [4] MARTIN, C. J., SUTTON, D.G., *Practical Radiation in Healthcare*. 2nd ed., Oxford, Oxford University Press; 2015.
- [5] BRASIL, MEC, SEMTEC. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC, 1999.
- [6] STAM, R.; BIJWAARD H. Recent developments in medical techniques involving ionising or non-ionising radiation. RIVM Report 300080010/2011, National Institute for Public Health and the Environment, The Netherlands 2011.
- [7] MARTIN, C. J. e SUTTON, D.G. *Practical Radiation in Healthcare*. 2nd ed., Oxford, Oxford University Press; 2015.
- [8] MORI, M. N. Descontaminação de Embalagens de Clorpirifós Utilizando o Processo de Oxidação Avançada Por Radiação Ionizante. São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Autarquia Associada à Universidade de São Paulo; 2006.
- [9] LUCENA, E. A.; REIS, R. G.; PINHO, A. S.; SILVA, J. W. S.; ALVES, A. S.; RIO, M. A P.; de PAULA, G. A.; GONÇALVES Jr., M. A.; REIS,

- A. A. Radiação ionizante, energia nuclear e proteção radiológica para a escola. *Braz. J. Rad. Sci.*, v. 5, n. 1, p. 01-17, 2017.
- [10] ALMEIDA, E. S.; TAUHATA, L. Física Nuclear. Editora: Guanabara Dois, 1981.
- [11] NELSON, C. e WILLIAMS, J. Boost Converter Operation. Linear Technology Application Note 19 1986. Disponível em <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/an19fc.pdf>.
- [12] KAKUNO, E. M. Montagem e teste de detector Geiger Muller usando tubo SBM19, *Revista Brasileira de Ensino de Física* v. 36, n. 1, p. 1315, 2014.
- [13] NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Getting started with Labview. Worldwide technical support and product information, 1th edition, p. 47, 2001.
- [14] NELSON, C. e WILLIAMS, J. Boost Converter Operation. Linear Technology Application Note 19 1986. Disponível em <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/an19fc.pdf>.
- [15] Joel Barbosa. Disponível em: <<https://barbosaoficial.files.wordpress.com/2018/11/livro6setembro-6.pdf>>.
- [16] AUSUBEL, David P. The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. 1. New York: Springer, 2000. 226 p.
- [17] LUCKESI, Cipriano Carlos. Avaliação da aprendizagem: componente do ato pedagógico .1 ed. São Paulo: Cortez, 2013.448 p.
- [18] PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar De. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.
- [19] MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? *Curriculum, la laguna, Espanha*, n.11, p.1-27,2012. Disponível em: <<https://goo.gl/6qsysz>>. Acesso em: 05 jul.2018.
- [20] GOMES, É. C. et al. Diagnóstico do sistema educacional do Tocantins sob olhar do ensino de física. *Revista Eixo*, Brasília, v. 9, n. 3, p. 96-107, 2020. Disponível em: <http://revistaeixo.ifb.edu.br/index.php/RevistaEixo/article/view/803>. Acesso em 09 jun. 2022.

- [21] HALLIDAY, D.; Resnick, D. e Walker, J., Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna, v. 4, 10 ed., Rio de Janeiro, LTC, 2016, 836 p.
- [22] NUSSENZVEIG, H. M., Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor, 5. ed., São Paulo, Blucher, 2014.
- [23] BARRETO, B.; XAVIER, C.; Física aula por aula. v.2, 3ª ed. 2016, 290.p.
- [24] GUIMARÃES, O.; PINQUEIRA, J. R.; CARRON W. Física. v.2. 2ª ed., São Paulo, 2016. 380.p.
- [25] HELERBROCK, R., Classificação das Ondas. Brasil Escola, 2021. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-classificacao-das-ondas.htm>>. Acesso em: 16/04/2022.
- [26] BORGES, F. A., Ondas. Mundo Educação, 2021. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ondas-2.htm>>. Acesso em: 16/04/2022.
- [27] Características das Ondas. Explicatorium, 2008. Disponível em: <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/caracteristicas-das-ondas.html>>. Acesso em: 16/04/2022.
- [28] DIMINOI. Acústica, Professor Diminoi, 2022. Disponível em: <<https://professordiminoi.comunidades.net/acustica>>. Acesso em: 16/04/2022.
- [29] ALLERBEST. Ondas Longitudinais e Transversais, 2022. Disponível em: <<https://allerbest.com.br/intro-cuba/ondas-longitudinais-transversais>>. Acesso em: 16/04/2022.
- [30] HELERBROCK, R., Espectro Eletromagnético. Brasil Escola, 2021. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>>. Acesso em: 16/04/2022.
- [31] NEWTON, V. B.; HELOU, R. D.; GUALTER, J. B. Tópicos de Física. v.2. 19ª ed., São Paulo, Saraiva, 2012, 480.p.