



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

Vinicius da Silva Fiuza

**CONSTRUÇÃO DE MODELOS E O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES  
À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL**

Belo Horizonte  
2021



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

Vinicius da Silva Fiuza

**CONSTRUÇÃO DE MODELOS E O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES  
À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL**

Dissertação apresentada no âmbito do curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Educação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre da Silva Ferry

Linha de Pesquisa: Práticas Educativas em Ciência e Tecnologia.

Belo Horizonte  
2021

F565c Fiuza, Vinícius da Silva  
Construção de modelos e o desenvolvimento de habilidades à luz da teoria da aprendizagem experiencial / Vinícius da Silva Fiuza. – 2021.  
194 f.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica.  
Orientador: Alexandre da Silva Ferry.  
Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

1. Habilidades de vida – Desenvolvimento – Teses. 2. Aprendizagem – Teses. 3. Ciência – Estudo e Ensino – Teses. 4. Ensino profissional – Teses. 5. Tecnologia – Estudo e Ensino – Teses. 6. Educação – Métodos experimentais – Teses. I. Ferry, Alexandre da Silva. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Título.

CDD 370.285

Elaboração da ficha catalográfica pela bibliotecária Jane Marangon Duarte, CRB 6ª 1592 / Cefet/MG



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS**  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - PPGET  
Portaria MEC nº. 1.077, de 31/08/2012, republicada no DOU em 13/09/2012

Vinicius da Silva Fiuza

“Construção de Modelos e o Desenvolvimento de Habilidades à luz da Teoria da Aprendizagem Experiencial”

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, em 15 de setembro de 2021, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação constituída pelos professores:

Prof. Dr. Alexandre da Silva Ferry – Orientador  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Terezinha Ribeiro Alvim  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Prof. Dr. Saulo César Seiffert Santos  
Universidade Federal do Amazonas

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, irmãos, primos e amigos, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem nessa caminhada. A minha companheira, que me ajuda a ser uma pessoa melhor e me concedeu o maior presente nessa vida, o nosso filho. Aos amigos e amigas que fiz no mestrado, aos professores, especialmente os professores Ivo Ramos, Ronaldo Nagem e o meu orientador, Alexandre Ferry, que conduziu esse processo com muita dedicação e profissionalismo. Ao CEFET-MG, instituição de ensino que me projetou profissionalmente e hoje me acolhe novamente como aluno. Ao programa de pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG, em especial ao Grupo de Estudos em Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC).

FIUZA, Vinicius da Silva. **Construção de Modelos e o Desenvolvimento de Habilidades à Luz da Teoria da Aprendizagem Experiencial**. Orientador: Alexandre da Silva Ferry. 2021. 194 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte.

## RESUMO

A fragmentação do conhecimento que atinge a Ciência e a Educação pode levar a falta de interesse e engajamento por parte dos estudantes, impossibilitando a eles oportunidades para o efetivo desenvolvimento de habilidades e competências, tão importantes ao pleno exercício da cidadania e da vida produtiva. Trabalhos do campo da Educação em Ciências nos permitem compreender que atividades de modelagem são capazes de promover aprendizagens, para além da memorização de conteúdos, relacionadas com a capacidade de integrar e aplicar conhecimentos na resolução de problemas, e de desenvolver habilidades psicomotoras. Por meio da presente pesquisa buscamos compreender o processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades proporcionados pelo engajamento de estudantes da Educação Profissional Técnica de Nível Médio (EPTNM) na construção de modelos realizados no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia. Para isso, coletamos dados por meio de entrevistas com os estudantes que realizaram esse tipo de trabalho e analisamos os diários de bordo produzidos por eles durante esse processo. A análise dos dados foi realizada usando o método de análise do conteúdo categorial à luz da Teoria da Aprendizagem Experiencial, de David Kolb. Os dados revelaram que as atividades de construção dos modelos possibilitaram aos estudantes oportunidades para o aprendizado de todos os tipos de conhecimentos descritos na teoria da aprendizagem experiencial, com uma tendência maior para os conhecimentos convergentes, adaptativos e assimilativos. Além disso, os dados mostraram que as atividades de construção dos modelos contribuíram para o desenvolvimento de habilidades psicomotoras e que o tipo do modelo, quanto a sua área científica, a estratégia de modelagem e os estilos individuais de aprendizagem, influenciaram no tipo de aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades decorrente do engajamento dos estudantes nas atividades de construção dos modelos.

**Palavras chave:** Modelagem, Aprendizagem Experiencial, Educação Profissional e Tecnológica, Educação científica, Desenvolvimento de Habilidades.

## **ABSTRACT**

The fragmentation of knowledge that affects Science and Education can lead to a lack of interest and engagement on the part of students, making it impossible for them to have opportunities for the effective development of skills and competences, so important to the full exercise of citizenship and productive life. Research papers in the field of Science Education allow us to understand that modeling activities are capable of promoting learning, beyond content memorization, related to the ability to integrate and apply knowledge in problem solving, and to develop psychomotor skills. Through this research we seek to understand the process of learning and skills development provided by the engagement of Middle Level Technical Professional Education students in the construction of models carried out in the context of a Science and Technology fair. For this, we collected data through interviews with students who performed this type of work and analyzed the logbooks produced by them during this process. Data analysis was performed using the categorical content analysis method in the light of the Theory of Experiential Learning, by David Kolb. The data revealed that the activities of building the models provided students with opportunities to learn all types of knowledge described in the theory of experiential learning, with a greater tendency towards convergent, adaptive and assimilative knowledge. In addition, the data showed that the activities of building the models contributed to the development of psychomotor skills and that the type of model, in terms of its scientific area, the modeling strategy and individual learning styles, influenced the type of learning and in the development of skills resulting from the engagement of students in the activities of building the models.

**Key words:** Modeling, Experiential Learning, Professional and Technological Education, Science Education, Skills Development.

## **SOBRE O PESQUISADOR**

Natural de Belo Horizonte, me formei como técnico em eletrônica pelo CEFET-MG no ano de 2005, nessa época, eu me dedicava ao ensino médio, ao curso de aprendizagem industrial em mecânica de manutenção industrial no SENAI-MG e ao curso técnico em eletrônica no CEFET-MG. Entre os anos de 2006 e 2012 cursei a graduação em engenharia eletrônica e de telecomunicações na PUC-MG e atuei nas áreas de engenharia e assistência técnica em algumas empresas do setor privado, em áreas como: equipamentos eletrônicos para iluminação, automotiva, segurança eletrônica, controle de acesso e telecomunicações.

A partir de 2010 iniciei minha atuação na Educação como instrutor de formação profissional no SENAI-MG na unidade César Rodrigues que é dedicada à cursos na área de eletroeletrônica. Permaneci nessa instituição de 2010 a 2015, onde lecionei, em cursos técnicos de nível médio e de aprendizagem industrial, diversas disciplinas como: eletrônica analógica, eletrônica de potência, sistemas digitais, gestão de qualidade industrial, matemática aplicada, entre outras. Período em que tive a oportunidade de fazer uma pós-graduação, *lato sensu*, em docência na Educação Profissional e Tecnológica, no próprio SENAI.

Em 2013 ingressei no CEFET-MG como professor substituto, para lecionar no curso técnico em eletrônica e em 2015 passei a integrar o quadro de professores efetivos da instituição para atuar no Ensino Básico Técnico Tecnológico no curso técnico em eletrotécnica, onde me encontro atualmente. Leciono, principalmente, as disciplinas de eletrônica geral e industrial, teoria e prática. No exercício da docência tive a oportunidade de orientar estudantes em conclusão de curso e estudantes no desenvolvimento de trabalhos a serem apresentados na mostra específica de trabalhos e aplicações do CEFET-MG (META). Sempre acreditei e coloquei em prática metodologias ativas de ensino, com projetos e construção de modelos, e sem dúvidas, a minha experiência com essas práticas de ensino contribuíram, como motivação, para a realização da presente pesquisa.

No ano de 2019 ingressei no programa de pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG como aluno do mestrado, âmbito dessa pesquisa.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conceito de competência: habilidades, valores e atitudes.....	47
Figura 2 - Exemplo de matriz de referência para competências e habilidades.....	48
Figura 3 - Dimensões estruturais subjacentes ao processo de aprendizagem experiencial e as formas de conhecimentos básicos resultantes .....	60
Figura 5 - Grade de estilos de aprendizagem com diferentes grupos.....	65
Figura 6 - Desenho da pesquisa.....	70
Figura 7- Exemplo de unidade de contexto e unidade de registro dos diários de bordo .....	72
Figura 8 - Tela do ambiente de trabalho do ATLAS.ti® v.8.....	76

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos nacionais e internacionais separados por enfoques .....	28
Quadro 2 - Teses e dissertações separadas por enfoques .....	30
Quadro 3 - <i>Corpus</i> de trabalhos, estudantes e processos de modelagem analisados .....	79
Quadro 4 – Fotografias de alguns modelos que fizeram parte do <i>corpus</i> de trabalhos analisados	81
Quadro 5 - Quantidade de trabalhos e estudantes separados por curso.....	82
Quadro 6 - Modelos das Ciências Naturais e modelos das Ciências Aplicadas.....	82
Quadro 7 - Categoria dos trabalhos .....	83
Quadro 8 - Estratégias de modelagem adotadas nos trabalhos.....	84
Quadro 9 - Codificação e categorização das atividades de construção dos modelos de acordo com os modos de apropriação e transformação da TAE.....	85
Quadro 10 - Codificação e categorização das atividades de construção dos modelos de acordo com os tipos de aprendizagem da TAE.....	92
Quadro 11 - Categorização das atividades dos modelos das Ciências Aplicadas .....	99
Quadro 12 - Categorização das atividades dos modelos das Ciências Naturais.....	100
Quadro 13 - Comparação entre os modelos com e sem simulação: categorização das atividades de acordo com os tipos de aprendizagem da TAE.....	106
Quadro 14 - Pontuação no IEA dos participantes p1, p2, p3 e p4.....	108
Quadro 15 - Categorização das atividades desenvolvidas pelos participantes p1, p2, p3 e p4 de acordo com os modos de apropriação e transformação da TAE.....	109
Quadro 16 - Categorização das atividades desenvolvidas pelos participantes p1, p2, p3 e p4 de acordo com os tipos de aprendizagem da TAE.....	111
Quadro 17 - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 1.....	117
Quadro 18 - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 2.....	121
Quadro 19 - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 3.....	123
Quadro 20 - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 4.....	125

Quadro 21 - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 5.....	127
---	-----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das frequências entre os modos de apropriação e transformação das experiências.....	89
Gráfico 2 - Distribuição das frequências entre os tipos de aprendizagem da TAE.....	96
Gráfico 3 - Comparação da distribuição de frequências entre os modelos das CA e das CN: modos de apropriação e transformação das experiências .....	101
Gráfico 4 - Distribuição das frequências entre os tipos de aprendizagem da TAE, modelos das Ciências Naturais.....	102
Gráfico 5 - Distribuição das frequências entre os tipos de aprendizagem da TAE, modelos das Ciências Aplicadas .....	103
Gráfico 6 - Comparação entre os modelos das Ciências Aplicadas e das Ciências Naturais: distribuição das frequências entre os tipos de aprendizagem da TAE.....	104
Gráfico 7 - Comparação entre modelos com e sem simulação da distribuição de frequências de acordo com os tipos de aprendizagem da TAE.....	107
Gráfico 8 - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a caracterização das atividades realizadas pelo participante p1 .....	110
Gráfico 9 - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida pelo participante p1 durante a construção do modelo.....	112
Gráfico 10 - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a caracterização das atividades realizadas pelo participante p2 .....	113
Gráfico 11 - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida pelo participante p2 durante a construção do modelo.....	114
Gráfico 12 - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida pelo participante p3 durante a construção do modelo.....	115
Gráfico 13 - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida pelo participante p4 durante a construção do modelo.....	

Gráfico 14 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação dos participantes para fazer buscas de materiais bibliográficos .	130
Gráfico 15 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para organizar materiais bibliográficos.....	131
Gráfico 16 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para assimilar conceitos e teorias.....	133
Gráfico 17 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para coletar dados em campo usando formulário, questionário ou entrevista .....	134
Gráfico 18 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para realizar análise de dados usando algum método científico .	136
Gráfico 19 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para escrever e formatar textos de acordo com normas acadêmicas .....	137
Gráfico 20 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para usar ferramentas como Word, Excel, Power point.....	139
Gráfico 21 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para aplicar conceitos e teorias .....	141
Gráfico 22 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para fazer programas e algoritmos digitais .....	142
Gráfico 23 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para fazer desenhos usando alguma ferramenta de CAD .....	144
Gráfico 24 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para usar alguma ferramenta de simulação computacional .....	145
Gráfico 25 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para usar algum instrumento de medição.....	147

Gráfico 26 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para realizar algum teste ou ensaio específico .....	148
Gráfico 27 - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para realizar trabalhos com ferramentas manuais .....	150

## LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Curricular Comum
CA	Ciências Aplicadas
CA	Conceituação Abstrata
CAD	Computer Aided Design
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CN	Ciências Naturais
COVID-19	Coronavírus Disease 2019
EA	Experimentação Ativa
EBLS	Experience Based Learning Systems
EC	Experiência Concreta
EPTNM	Educação Profissional Técnica de Nível Médio
ERIC	Educational Resources Information Center
IEA	Inventário de Estilo de Aprendizagem
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
META	Mostra Específica de Trabalhos e Aplicações
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OR	Observação Reflexiva
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
SciELO	Scientific Electronic Library Online
SENAI-MG	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
STEM	Science Technology Engineering Mathematics
TAE	Teoria da Aprendizagem Experiencial
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

UNESCO

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

ZDP

Zona de Desenvolvimento Proximal

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	18
2. QUESTÃO DE PESQUISA.....	21
3. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	22
3.1. Objetivo geral .....	22
3.2. Objetivos específicos .....	22
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
4.1. Metodologia da Revisão Bibliográfica .....	23
4.1.1. Buscas na base SciELO .....	23
4.1.2. Buscas na base ERIC ProQuest.....	26
4.1.3. Buscas no catálogo de teses e dissertações da CAPES .....	29
4.2. Análise dos trabalhos .....	30
4.2.1. Análise das teses.....	30
4.2.2. Análise das dissertações .....	35
4.2.3. Análise dos artigos nacionais .....	37
4.2.4. Análise dos artigos internacionais .....	40
5. REFERENCIAL TEÓRICO .....	44
5.1. Educação Profissional e o desenvolvimento de habilidades e competências .....	44
5.2. Modelo científico e modelagem .....	48
5.2.1. Objetos-modelo de Mario Bunge .....	49
5.2.2. Transposição didática dos modelos científicos .....	51
5.2.3. Simulações computacionais.....	52
5.2.4. Modelagem no ensino de projetos na Engenharia .....	54
5.3. Teoria da Aprendizagem Experiencial (TAE) .....	56
5.3.1. O processo da aprendizagem experiencial.....	58
5.3.2. O ciclo de aprendizagem experiencial.....	59
5.3.3. Individualidade na aprendizagem e o conceito de estilos de aprendizagem .....	61
6. METODOLOGIA .....	68
6.1. Caracterização da pesquisa .....	68
6.2. Contexto e local da pesquisa.....	68

6.3.	Participantes da pesquisa .....	69
6.4.	Etapas e desenho da pesquisa .....	69
6.5.	Coleta e análise dos dados .....	71
6.5.1.	Método de análise dos diários de bordo e das entrevistas .....	71
6.5.2.	Categorias de análise dos diários de bordo e das entrevistas .....	73
6.5.3.	Método de análise dos questionários .....	73
6.5.4.	Ferramenta usada no tratamento dos dados .....	76
6.6.	Cuidados éticos .....	76
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	79
7.1.	Análise dos diários de bordo.....	84
7.1.1.	Modos de apropriação e transformação das experiências .....	85
7.1.2.	Tipos de aprendizagem.....	91
7.1.3.	Influência dos tipos de modelos na aprendizagem e no desenvolvimento .....	99
7.1.4.	Influência das estratégias de modelagem na aprendizagem e no desenvolvimento 106	
7.1.5.	Influência do estilo de aprendizagem individual na aprendizagem e no desenvolvimento.....	108
7.2.	Análise das entrevistas.....	116
7.3.	Análise dos questionários .....	129
7.3.1.	Habilidades relacionadas às atividades divergentes e assimilativas.....	129
7.3.2.	Habilidades relacionadas às atividades convergentes e adaptativas.....	140
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	152
	APÊNDICES .....	168

## 1. INTRODUÇÃO

As concepções de paradigmas na Ciência e as ideias sobre as revoluções que ocorrem no âmbito da Ciência parecem ter influência significativa nas práticas educativas, principalmente na educação em Ciências e Tecnologia. O cenário atual nos mostra que estamos passando por um momento de crise na educação, momento em que as práticas e os modelos educacionais são questionados e parecem não mais atender as expectativas e necessidades do nosso tempo. Neste ponto passamos a buscar novas formas de ensinar, aprender, desenvolver capacidades, habilidades e competências relevantes para a vida social e produtiva, dentro e fora do ambiente escolar.

Em sua obra “*A estrutura das revoluções científicas*”, Thomas Kuhn (1962), físico teórico, revela sua perspectiva do desenvolvimento científico, marcado por revoluções paradigmáticas. Kuhn desenvolve a ideia de paradigma científico em oposição à ideia positivista de desenvolvimento cumulativo, em linha reta. De acordo com esse teórico, paradigmas são “realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 1962, p. 13).

As revoluções científicas se definem pela superação de um paradigma por outro em determinada área, obrigando os cientistas e profissionais a reformularem os princípios em que tal área está baseada. O período de transição entre um paradigma e outro, em que o paradigma vigente passa por questionamentos e críticas, é definido pelo autor como período de crise.

Vale a pena destacar que Kuhn (1962, p.71) estabelece uma relação direta entre a educação científica e a legitimidade dos problemas científicos, suas soluções e aplicações tecnológicas. A educação científica é, segundo o autor, um dos fatores responsáveis pela determinação da relevância desses problemas e soluções, porque:

[...] os cientistas nunca aprendem conceitos, leis e teorias de uma forma abstrata e isoladamente. Em lugar disso, esses instrumentos intelectuais são desde o início, encontrados numa unidade histórica e pedagogicamente anterior, onde são apresentados juntamente com suas aplicações a uma determinada gama concreta de fenômenos naturais; sem elas, não poderia nem mesmo candidatar-se à aceitação científica. Depois de aceitas, essas aplicações (ou mesmo outras) acompanharão a teoria nos manuais onde os futuros cientistas aprenderão o seu ofício. As aplicações não estão lá simplesmente como um adorno ou mesmo como documentação. Ao contrário, o processo de aprendizado de uma teoria depende do estudo das aplicações, incluindo-se aí a prática na resolução de problemas, seja com lápis e papel, seja com instrumentos num laboratório (KUHN, 1962, p. 71).

A fragmentação do conhecimento e a supervalorização da visão racional são consequências do paradigma tradicional, também chamado de newtoniano-cartesiano, essa fragmentação que atinge a Ciência e a Educação, divide o conhecimento em áreas, cursos e disciplinas (BEHRENS e THOMÉ, 2007).

Atualmente as práticas de ensino tradicionalmente adotadas na educação profissional tecnológica, em seus vários níveis e modalidades, técnicos de nível médio, tecnólogos e engenharias, estão apoiadas na transmissão de conteúdos e normalmente focam nos aspectos conceituais das diversas teorias, sem a necessária contextualização, de modo que os conhecimentos são meramente reproduzidos e valorizados por meio de memorização (BELHOT, FIGUEIREDO e MALAVÉ, 2001).

O ensino de Ciências em disciplinas como Física, Química e Biologia tem sido realizado na Educação Básica, frequentemente, pela prática de apresentação de conceitos, leis e fórmulas matemáticas, de forma “desarticulada, distanciado do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado” (BRASIL, 1999a).

Essa abordagem adotada no ensino de Ciência e tecnologia é fundamentada na ideia de que o conhecimento pode ser dividido em pequenas partes, e dessa forma, beneficiar o processo de ensino e aprendizagem por meio de uma melhor utilização dos recursos envolvidos nesse processo, como tempo, espaço e pessoas. Esse modelo também adota um pressuposto de independência entre as partes, muitas vezes desconsiderando a existência das relações entre elas (BEHRENS, 1999).

A autora ainda acrescenta que essa prática de ensino está apoiada no paradigma tradicional da educação, que se fundamenta na abordagem newtoniano-cartesiana. Nesse paradigma conservador, as relações entre professor, aluno e conteúdo se definem com o professor sendo o detentor do conhecimento, especialista e transmissor; o aluno como passivo e receptor. O conhecimento é passado em pequenas frações organizadas em conteúdos programáticos. Essa prática pedagógica propõe ações mecânicas e passivas aos alunos, exigindo deles que escute o professor, leia a matéria, decore e repita o que lhe foi transmitido. Estas ações têm sido propostas como metodologia no ensino por um longo período na história da educação.

Como consequência da utilização dessa abordagem na educação científica e tecnológica, pode-se citar a falta de aprendizagem significativa, falta de visão sistêmica, holística, ampla e

integral das relações existentes entre as áreas de conhecimento, relações com os processos históricos, econômicos, políticos, sociais, tecnológicos, com o meio ambiente. Promovendo uma aprendizagem superficial, fragmentada e desconectada com a realidade do estudante, com aulas que, às vezes, limitam-se a meras repetições de problemas resolvidos mecanicamente pela utilização de uma sucessão de “fórmulas”, decoradas de forma literal e arbitrária (AUSUBEL, 2003, p. 7).

Tal abordagem pode levar a falta de interesse e engajamento por parte dos estudantes, não possibilitando oportunidades para o desenvolvimento efetivo de habilidades e competências tão importantes ao pleno exercício da cidadania e da vida produtiva.

Segundo Behrens e Thomé (2007), a visão do ser complexo e integral é o foco do novo paradigma na educação, mas que essa nova visão depende do avanço do paradigma da Ciência, que estimula a revisão da fragmentação do conhecimento no sentido da reintegração do todo.

Assim como o processo de progressiva parcialização dos conteúdos escolares em áreas de conhecimento ou disciplinas conduziu o ensino a uma situação que obriga a sua revisão radical, a evolução de um saber unitário para uma diversificação em múltiplos campos científicos notavelmente desconectados uns dos outros levou a necessidade de busca de modelos que compensem essa dispersão do saber. (ZABALA, 2002, p. 24).

A característica principal desse novo paradigma é a complexidade, que vê o homem de forma integral, como participante da construção do conhecimento, que usa a razão, as emoções, os sentimentos e as intuições. Assim sendo, passa a ser imprescindível que as instituições educacionais incluam nos seus currículos o uso dos conceitos de inter, pluri e transdisciplinaridade, aprendizagem ativa e construtiva (BEHRENS e THOMÉ, 2007). A complexidade é denominada como “*Pensamento Sistêmico novo-paradigmático*” (VASCONCELLOS, 2002). Ainda segundo a autora, este pensamento pode ser refletido em pelo menos três pressupostos epistemológicos: o da *complexidade*, da *instabilidade* e da *intersubjetividade*.

Portanto, entendemos que o engajamento de estudantes em atividades de ensino e aprendizagem baseadas na construção de modelos podem proporcionar tal participação dos estudantes na construção do conhecimento, além da aliança entre a razão e a emoção, incluindo em sua prática os conceitos de inter, pluri e transdisciplinaridade, além de estimularem o pensamento sistêmico e possibilitar o desenvolvimento de habilidades psicomotoras.

## 2. QUESTÃO DE PESQUISA

Alguns estudos defendem o uso de atividades de modelagem no ensino de Ciências (JUSTI e GILBERT, 2002; MAIA, 2009; MENDONÇA, 2011; MOZZER, 2013; RAMOS, 2015; ANJOS, 2015; SELAU, 2017; LAMMI e DENSON, 2017; STAMMEN, MALONE e IRVING, 2018; SUNG e OH, 2018; RODRIGUES e LAVINO, 2020), pois entendem que as mesmas são capazes de promover um conhecimento em Ciências que vai além da memorização de fatos, equações e procedimentos. Conhecimentos que podem contemplar o “saber como” além do “saber o que”, desenvolver a capacidade de integrar e aplicar os conhecimentos para resolver problemas, o que requer o uso e ou desenvolvimento de habilidades psicomotoras.

Segundo Maia (2009), a modelagem, enquanto atividade de ensino e aprendizagem, é uma “[...] atividade de caráter investigativo, em que os estudantes elaboram modelos como forma de desenvolver a compreensão, divulgação e apresentação sobre determinado sistema em estudo, o qual pode ser concreto ou abstrato” (MAIA, 2009).

Nesse contexto, por meio desta de pesquisa, pretendemos responder a seguinte questão: *como o engajamento de estudantes da EPTNM na construção de modelos científicos, realizados no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia, contribui para o desenvolvimento de habilidades?*

Essa pesquisa apresenta dois objetos de estudo: o processo de modelagem, como atividade de aprendizagem por parte dos estudantes da EPTNM e o desenvolvimento de habilidades nesse contexto de aprendizagem. Portanto, o objetivo central é encontrar as relações existentes entre esses dois objetos e discuti-las a luz da teoria da aprendizagem experiencial, de forma a construir uma compreensão sobre o processo de aprendizagem, com ênfase no desenvolvimento de habilidades, promovido pelo engajamento dos estudantes em atividades de modelagem.

### **3. OBJETIVOS DA PESQUISA**

Nesta seção apresentaremos o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

#### **3.1. Objetivo geral**

Compreender o processo de aprendizagem proporcionado pelo engajamento dos estudantes da EPTNM na construção de modelos no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia e a sua relação com o desenvolvimento de habilidades.

#### **3.2. Objetivos específicos**

1<sup>a</sup>) Identificar como os termos modelo e modelagem vem sendo construídos pela literatura da área, afim de realizar um posicionamento epistemológico dos processos de construção de modelos desenvolvidos no contexto de uma feira de Ciência e Tecnologia.

2<sup>a</sup>) Identificar como os conceitos de habilidades e desenvolvimento de habilidades vem sendo construído pela literatura da área e como esses conceitos se relacionam como a EPTNM no Brasil.

3<sup>a</sup>) Analisar a relação pedagógica entre o desenvolvimento de habilidades e o engajamento de estudantes da EPTNM em atividades de ensino e aprendizagem fundamentadas em modelagem, realizadas no contexto de uma feira de Ciência e Tecnologia.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Duas questões nortearam a nossa revisão da literatura: 1º) Qual o propósito e o resultado das análises realizadas em trabalhos, do campo da Educação em Ciências, cujo objeto de estudo é a modelagem? 2º) De que forma esses trabalhos relacionam a modelagem ao desenvolvimento de habilidades?

A seguir apresentaremos as bases de dados, as expressões booleanas usadas e os resultados das buscas que formam o *corpus* de artigos, dissertações e teses a que tivemos acesso para traçar um panorama das pesquisas realizadas com o tema da modelagem como atividade de ensino e aprendizagem e sua relação com o desenvolvimento de habilidades.

### **4.1. Metodologia da Revisão Bibliográfica**

Por meio do portal de periódicos da CAPES/MEC, escolhemos duas bases de dados para realizarmos a busca de artigos, uma nacional e uma internacional. A base de dados nacional escolhida foi a *Scientific Electronic Library Online* (SciELO Brasil) - biblioteca eletrônica que abrange uma coleção selecionada de periódicos científicos brasileiros no campo da educação, proporcionando amplo acesso a coleções de periódicos como um todo, aos fascículos de cada título de periódico, assim como aos textos completos dos artigos (FERRY, 2016).

A base internacional escolhida foi a *Educational Resources Information Center* (ERIC ProQuest) – base patrocinada pelo Departamento de Educação dos Estados Unidos com amplo acesso à literatura relacionada com a educação, com mais de 20.000 artigos indexados anualmente (SANTOS e SOUZA, 2010).

Também realizamos buscas por teses e dissertações no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES/MEC, que disponibiliza informações sobre trabalhos defendidos no Brasil desde 1987, colocando-os à disposição da comunidade acadêmica para consulta de informações sobre todos os trabalhos defendidos na pós-graduação brasileira ano a ano. (BRASIL, 2020).

#### **4.1.1. Buscas na base SciELO**

As buscas na base SciELO foram realizadas utilizando a ferramenta da busca avançada, o que possibilita a escolha por buscas em partes específicas dos documentos, os índices como título, resumo e autor, possibilitando também o uso de filtros por áreas temáticas específicas como Ciências Humanas, Educação, disciplinas científicas. Começamos a busca por artigos publicados

entre os anos de 2000 a 2020 que continham os termos “modelagem”, “modelamento” ou “modelização”, que são os termos mais usados para denominar o processo de modelagem como atividade de ensino e aprendizagem, nos campos de título ou resumo dos textos.

A busca foi realizada utilizando a expressão booleana: “((*ti:(modelamento)*) OR (*ti:(modelização)*) OR (*ti:(modelagem)*)) OR ((*ab:(modelamento)*) OR (*ab:(modelização)*) OR (*ab:(modelagem)*))”. Utilizamos como filtros as áreas temáticas *Ciências Humanas*, *Ciências Sociais Aplicadas*, *Educação e pesquisa educacional*, *Educação e disciplinas científicas*. O resultado dessa busca retornou 122 artigos.

Ao realizarmos uma análise superficial dos textos percebemos que muitos desses faziam referência ao campo da modelagem matemática, que é um campo específico e complexo, tratado pela literatura em separado, com incontáveis problemas e questões próprias, não sendo do interesse de nossa pesquisa tratar desse campo, o que possivelmente nos desviaria dos objetivos aqui colocados.

Realizamos, portanto, uma nova busca na tentativa de excluir os artigos que tratavam da modelagem matemática. A nova busca manteve todos os parâmetros da busca anterior com exceção do termo “*AND NOT (matemática)*” que foi acrescentado a expressão booleana resultando na seguinte expressão: “(((*ti:(modelamento)*) OR (*ti:(modelização)*) OR (*ti:(modelagem)*)) OR ((*ab:(modelamento)*) OR (*ab:(modelização)*) OR (*ab:(modelagem)*))) *AND NOT (matemática)*”. Como resultado obtivemos 60 artigos. Essa redução nos resultados da busca ilustra bem o grande número de artigos que trata da modelagem matemática, deixando evidente a constituição desse tema como campo de pesquisa próprio, justificando a nossa tentativa de separá-lo na nossa pesquisa.

Realizamos a leitura dos resumos desses 60 artigos e selecionamos 34 que de alguma forma tratavam do tema da modelagem como atividade de ensino e aprendizagem. Esses 34 trabalhos fazem parte do *corpus* de artigos analisados em nossa revisão bibliográfica. Muitos dos trabalhos excluídos nessa etapa apresentavam os termos descritores no título ou no resumo, mas não tratavam especificamente da modelagem como objeto de estudo.

Fizemos uma “leitura flutuante”<sup>1</sup> nesses 34 artigos com o objetivo de classificá-los de acordo como os seus enfoques afim de definirmos os trabalhos nacionais sobre modelagem como atividade de ensino e aprendizagem que seriam analisados de forma mais detalhada. Como resultado dessa classificação destacamos:

Artigo cujo enfoque está na *análise do modo como professores criam, constroem ou utilizam modelagem*: 1 trabalho (SILVA e JUSTI, 2019).

Artigo cujo enfoque está na *análise de concepções de professores sobre o papel da modelagem na Educação*: 1 trabalho (SILVA e CATELLI, 2020).

Artigos cujo enfoque está na *análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem*: 15 trabalhos (RODRIGUES e LAVINO, 2020), (SABINO, 2019), (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016), (OLIVEIRA e FERRACIOLI, 2015), (DUSO, 2013), (MENDES, COSTA e DE SOUSA, 2012), (ASSIREU, REBOITA e CORREA, 2012), (SOUZA e JUSTI, 2011), entre outros.

Artigo cujo enfoque está na *análise do modo como estudantes utilizam, interpretam ou criam modelos*: 1 trabalho (BRANDAO, ARAUJO e VEIT, 2014).

Artigos cujo enfoque está nas *contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem*: 6 trabalhos (SELAU, 2019), (SCHELLER, 2017), (JUSTI, 2015), (PAGANINI, JUSTI e MOZZER, 2014), (COSTA e MOREIRA, 2002) e (NEHRING, 2000).

Artigo cujo enfoque está na *análise da natureza cognitiva da modelagem*: 1 trabalho (MACHADO e BRAGA, 2019).

Artigo cujo enfoque está na *revisão bibliográfica de trabalhos sobre modelagem*: 1 trabalho (SCARPA, 2015).

Artigos cujo enfoque está na *análise de modelos específicos*: 4 trabalhos (CAMPOMANES, HEIDEMANN e VEIT, 2020), (ROMERO, RAGI e MANZOLI, 2015), (GOMES e FERRACIOLI, 2006) e (FIGUEIRA, 2005).

---

<sup>1</sup> Bardin, (1977 *apud* Martins e Pinhão, 2009) chamam de “leitura flutuante” o primeiro contato do analista com os documentos a serem analisados, a fim de obter “impressões e orientações” a respeito dos mesmos.

Artigos cujo enfoque está na *análise epistemológica da modelagem*: 2 trabalhos (MACHADO e CRUZ, 2011) e (BATISTA, 2004).

Encontramos dois artigos que foram classificados como outros, pois os enfoques desses não se enquadravam em nenhum dos citados acima, sendo um sobre educação continuada na área da saúde (FLORES, OLIVEIRA e ZOCHE, 2016) e outro se tratava da apresentação de um portal eletrônico para modelagem computacional (SANTOS, 2003).

#### **4.1.2. Buscas na base ERIC ProQuest.**

As buscas na base ERIC ProQuest foram realizadas utilizando a ferramenta de buscas avançadas que de forma semelhante a base SciELO também possibilita a escolha por buscas em partes específicas dos documentos, como título, resumo, palavras-chave, com o uso de filtros por áreas temáticas. Começamos a busca por artigos publicados entre os anos de 2000 a 2020 que continham o termo “*modeling*” nos campos de título, resumo ou palavras chave dos textos.

A busca foi realizada utilizando a expressão booleana: “*ti(modeling) OR ab(modeling) OR if(modeling)*”. Não utilizamos nenhum filtro inicialmente e o resultado dessa busca retornou 12.558 artigos. Essa grande quantidade de artigos inviabilizaria a realização das análises necessárias para traçarmos um panorama dos trabalhos internacionais sobre o tema modelagem como atividade de ensino e aprendizagem. Buscamos então, a partir daí, a realização de uma filtragem nesses resultados na tentativa de chegarmos a uma quantidade de trabalhos que viabilizasse a análise.

Primeiramente reduzimos o período de publicação dos trabalhos para 2015 a 2020 e retiramos a busca do índice de *resumo* dos textos, utilizando a expressão booleana “*ti(modeling) OR if(modeling)*”, ficando apenas como os índices *título* e *palavras-chave*, essa nova busca retornou 852 artigos, ainda assim, uma grande quantidade de trabalhos.

Mais uma vez, na tentativa de excluir os trabalhos que tratam do tema da modelagem matemática, usamos os filtros da ferramenta de busca avançada da base, que possibilitaram a inclusão ou exclusão de trabalhos por tema. Usamos os seguintes filtros: “*(models) NOT (mathematical models AND statistical analysis AND structural equation models AND mathematics instruction AND mathematical concepts AND mathematics skills AND mathematics teachers AND comparative analysis AND data analysis AND computation AND video technology AND statistics AND english (second language) AND feedback (response))*”, incluindo os artigos que estivessem

relacionados com o tema *modelo* e excluindo os que tivessem alguma relação com os temas da *modelagem matemática*, *modelagem computacional*, *estatística*, entre outros que, a princípio, não contribuiriam com os objetivos dessa pesquisa, parecendo estarem relacionados com o campo específico da modelagem matemática. Essa nova busca retornou 57 artigos.

Após a leitura dos resumos desses 57 artigos selecionamos 22 que de alguma forma tratavam do tema da modelagem como atividade de ensino e aprendizagem. Esses 22 trabalhos fazem parte do *corpus* de artigos analisados em nossa revisão bibliográfica. Assim como anteriormente, muitos dos trabalhos que foram excluídos nessa etapa apresentavam os termos descritores no título ou no resumo, mas não tratavam especificamente da modelagem como objeto de estudo.

Com a realização da leitura flutuante nesses 22 artigos conseguimos classificá-los de acordo como os seus enfoques para definirmos os trabalhos internacionais sobre modelagem, como atividade de ensino e aprendizagem, que seriam analisados com mais atenção. Como resultado dessa classificação destacamos:

Artigos cujo enfoque está na *análise do modo como professores criam, constroem ou utilizam a modelagem*: 4 trabalhos, (STAMMEN, MALONE e IRVING, 2018), (ZANGORI, FRIEDRICHSEN, *et al.*, 2017), (MILLER e KASTENS, 2018) e (TAY e YEO, 2018).

Artigos cujo enfoque está na *análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem*: 9 trabalhos, (BHATTACHARYA, ADAMS e MITTELSTET, 2018), (LAMMI e DENSON, 2017), (GOGOLLA e STEVENS, 2018), (PIERSON, CLARK e SHERARD, 2017), (MORELL, COLLIER, *et al.*, 2017) entre outros.

Artigo cujo enfoque está na *análise do modo como estudantes utilizam, interpretam ou criam modelos*: 7 trabalhos, (HEIJNES, VAN JOOLINGEN e LEENAARS, 2018), (MASON e EVANS, 2017), (SUNG e OH, 2018), (WADE-JAIMES, DEMIR e QURESHI, 2018) entre outros.

Artigo cujo enfoque está nas *contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem*: 1 trabalho, (PUIG, AGEITOS e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2017).

Artigo cujo enfoque está na *análise epistemológica da modelagem*: 1 trabalho (GOUVEA e PASSMORE, 2017).

O quadro 1 mostra a quantidade de trabalhos nacionais e internacionais separados por enfoque. É possível observar que temos muitos trabalhos com o enfoque na *análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem*, o que parece ser a principal preocupação das pesquisas sobre esse tema.

**Quadro 1** - Artigos nacionais e internacionais separados por enfoques

<b>Enfoque dos artigos</b>	<b>Nacionais (SciELO.ORG)</b>	<b>Internacionais (ERIC ProQuest)</b>
1º enfoque: Análise do modo como professores criam, constroem ou utilizam a modelagem	1	4
2º enfoque: Análise de concepções de professores sobre o papel da modelagem na Educação	1	0
3º enfoque: Análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem	15	9
4º enfoque: Análise do modo como estudantes utilizam, interpretam ou criam modelos	1	7
5º enfoque: Contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem	6	1
6º enfoque: Análise da natureza cognitiva da modelagem	1	0
7º enfoque: Revisão bibliográfica de trabalhos sobre modelagem	1	0
8º enfoque: Análise de modelos específicos	4	0
9º enfoque: Análise epistemológica da modelagem	2	1
10º enfoque: Outros	2	0
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>22</b>

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A presente pesquisa se enquadra no 5º enfoque, *contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem*, já que analisamos como a modelagem pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia da EPTNM.

Temos alguns trabalhos nacionais e apenas um internacional com esse enfoque, o que sinaliza a necessidade de mais atenção para as contribuições das atividades de modelagem no processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades. Atividades que muitas vezes são realizadas sem uma metodologia pré-definida e podem ocorrer de forma livre e espontânea por parte do estudante, como consequência de algum processo de investigação científico-tecnológico ou da necessidade de modelagem para divulgação e exposição de objetos de interesse científicos-tecnológicos em feiras, como nos casos analisados na presente pesquisa.

Sem diminuir a importância das metodologias de ensino baseadas em modelagem, entendemos a importância da aplicação das mesmas, com o devido acompanhamento pelo professor, para promover a aprendizagem pretendida. O que esperamos aqui é lançar luz aos processos de modelagem realizados sem uma metodologia pré-definida, que já ocorrem no contexto escolar como atividades extracurriculares, compreendê-los e discuti-los na tentativa de contribuir com a evolução deles.

#### **4.1.3. Buscas no catálogo de teses e dissertações da CAPES**

Realizamos buscas por teses e dissertações defendidas entre os anos de 2000 a 2019 que relacionavam o termo “*modelagem*” a expressão “*desenvolvimento de habilidades*”, para isso utilizamos na busca a expressão booleana “*modelagem*” AND “*desenvolvimento de habilidades*”, como resultado a busca retornou 18 dissertações e 13 teses. Após a leitura dos resumos desses trabalhos selecionamos 4 dissertações e 5 teses para compor o *corpus* de trabalhos da nossa revisão de literatura. Os trabalhos excluídos nesta etapa apresentavam os termos descritores em seus títulos, resumos ou palavras chaves, mas não tratavam da modelagem ou desenvolvimento de habilidades como objeto central do estudo.

Com o objetivo de conhecermos os enfoques destes trabalhos realizamos uma leitura fluante das 4 dissertações e 5 teses e como resultado encontramos.

Dissertação com o enfoque na *análise do modo como professores criam, constroem ou utilizam modelagem e também na análise do modo como estudantes utilizam, interpretam ou criam modelos*: 1 trabalho, (SILVA, 2013)

Dissertação com o enfoque nas *contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem*: 1 trabalho, (ANJOS, 2015).

Dissertações com o enfoque na *análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem*: 2 trabalhos, (SELAU, 2017) e (OLIVEIRA, 2018).

Teses com o enfoque nas *contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem* e também na *análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem*: 5 trabalhos, (MENDONÇA, 2011), (MAIA, 2009), (VINHOLI JÚNIOR, 2015), (MOZZER, 2013) e (RAMOS, 2015).

O quadro 2 mostra a quantidade de trabalhos separados por enfoque. Destacamos que todas as teses analisadas têm o enfoque nas *contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem* e, ao mesmo tempo, na *análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem*. Já no caso das dissertações destacamos uma com enfoque na *análise do modo como professores e estudantes criam, constroem ou utilizam modelagem*; as outras três dissertações tem o mesmo enfoque das teses analisadas, o que vai de encontro com o enfoque dado a maioria dos artigos analisados.

**Quadro 2** - Teses e dissertações separadas por enfoques

<b>Enfoque das teses e dissertações</b>	<b>Teses</b>	<b>Dissertações</b>
1º enfoque: Análise do modo como professores criam, constroem ou utilizam a modelagem	0	1*
2º enfoque: Análise de concepções de professores sobre o papel da modelagem na Educação	0	0
3º enfoque: Análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem	5*	2
4º enfoque: Análise do modo como estudantes utilizam, interpretam ou criam modelos	0	1*
5º enfoque: Contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem	5*	1
Total	5	4

Nota: (\*) Tratam-se dos mesmos trabalhos.

**Fonte:** Elaborado pelo autor

## **4.2. Análise dos trabalhos**

Nessa seção apresentaremos a análise dos trabalhos que apresentaram enfoques próximos ao da presente pesquisa, *contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem*, sempre com o objetivo de responder as duas questões que nortearam essa revisão: 1º) Qual o propósito e o resultado das análises realizadas nos trabalhos cujo objeto de estudo é a modelagem? 2º) De que forma esses trabalhos relacionam a modelagem ao desenvolvimento de habilidades? A seção foi organizada da seguinte forma: análise das teses, análise das dissertações, análise dos artigos nacionais e análise dos artigos internacionais.

### **4.2.1. Análise das teses**

Em sua tese de doutorado, Maia (2009) realizou um estudo que propôs identificar quais habilidades são empregadas e desenvolvidas por estudantes do ensino médio ao longo de atividades

de modelagem em Química e como tais atividades poderiam contribuir para o conhecimento desses estudantes sobre a própria modelagem e seu papel na Ciência (MAIA, 2009).

A autora realizou seu estudo com uma turma de 26 estudantes do Ensino Médio, coletando os dados durante a realização de três atividades de ensino baseadas em modelagem. Sua coleta de dados foi a partir de registros em vídeo, atividades escritas, notas de campo e entrevistas individuais. A autora construiu um instrumento de análise específico, com categorias correspondentes a avaliação de como cada habilidade poderia se manifestar, o que lhe permitiu identificar as principais habilidades empregadas pelos estudantes ao longo no processo de modelagem. Como resultado, a autora pôde concluir que a participação dos estudantes nas atividades de modelagem contribuiu para o desenvolvimento de habilidades científicas, como as habilidades investigativas e metacognitivas (MAIA, 2009), o que corrobora a nossa hipótese de que as atividades de modelagem podem promover o uso e o desenvolvimento de habilidades, além de contribuir também com a visão da natureza da Ciência por parte dos estudantes.

Outra tese que avalia a influência das atividades de modelagem em habilidades específicas é a da autora Mendonça (2011). Sua pesquisa teve como objetivo, entre outros, identificar como a modelagem influenciou a argumentação dos estudantes do ensino médio em assuntos da disciplina de Química. A coleta de dados ocorreu em uma turma de segundo ano do ensino médio de uma escola pública estadual por meio da filmagem das aulas, notas de campo e atividades produzidas pelos estudantes.

O resultado da pesquisa evidenciou que as atividades de ensino baseadas em um modelo para modelagem são adequadas quando o objetivo é favorecer a construção de modelos mais próximos aos curriculares, a elaboração e a expressão de argumentos de elevada qualidade, principalmente, aqueles relacionados ao teste e a avaliação do modelo (MENDONÇA, 2011). Novamente temos evidências de que as atividades de modelagem proporcionam o desenvolvimento e habilidades, agora relacionadas a argumentação científica. A autora destaca que o “papel da professora na condução das atividades, principalmente nas refutações aos modelos incoerentes ao curricular, foi essencial para o favorecimento da argumentação” (MENDONÇA, 2011).

Mais um trabalho de doutorado analisado foi a tese da autora Mozzer (2013), em sua pesquisa a autora buscou aplicar uma atividade de ensino baseada em modelagem para avaliar se houve evolução no entendimento conceitual sobre o processo de dissolução química. Para atingir

esse objetivo a autora conjugou o referencial teórico dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1990) *apud* Mozzer (2013) e o da modelagem de Justi & Gilbert (2002) *apud* Mozzer (2013). A pesquisa foi realizada com seis alunos da última série do Ensino Fundamental de uma escola particular e a coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas filmadas e gravadas em áudio e todo o material produzido pelos estudantes. Os resultados evidenciaram uma lenta e gradual evolução no entendimento dos estudantes, já que, segundo a autora:

[...] nessas atividades de modelagem a autenticidade pessoal nos modelos elaborados é mantida, uma vez que não significa a extinção e substituição de ideias pelo sujeito, mas o desenvolvimento adaptativo de seus esquemas de representação, que inclui mudança e ampliação dos seus conhecimentos em ação na medida em que eles enfrentam situações múltiplas. (MOZZER, 2013).

O trabalho da autora se aproxima do nosso na medida em que evidência a importância da experiência prática para a evolução da compreensão teórica, já que nosso referencial teórico, a teoria da Aprendizagem Experiencial de Kolb (2015), propõem a comunhão entre a prática e a teoria ao caracterizar uma experiência de aprendizagem integral.

Como pontos de afastamento destas pesquisas em relação à presente, achamos importante destacar que elas foram realizadas no contexto específico da Educação em Ciências, já a nossa foi realizada em um contexto mais amplo, o da Educação Profissional Técnica de Nível Médio, fato que, ao nosso entender, não impede que consideremos os resultados atingidos por elas. Outro ponto a ser considerado é o fato dessas pesquisas terem sido realizadas adotando um modelo, ou metodologia, para a atividade de modelagem, modelo esse proposto pelos autores Justi e Gilbert (2002), onde eles definem as etapas para a realização das atividades de modelagem, etapas como: definir os objetivos, produzir o modelo mental, expressar em algum modo de representação, conduzir experimentos mentais, planejar e conduzir testes empíricos, considerar abrangência e limitações do modelo.

Esses trabalhos tiveram o enfoque na *análise de metodologias ou estratégias de ensino baseadas em modelagem*, ou seja, adotaram uma metodologia pré-definida para a atividade de modelagem, enquanto a presente pesquisa tem o enfoque em *analisar as contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem*, ou seja, atividades de modelagem que já ocorrem no contexto escolar sem a utilização de uma metodologia pré-estabelecida para a atividade de modelagem, o que ao nosso entender, não se configura como um impedimento para considerarmos os resultados alcançados por essas pesquisas, sobretudo por que tais pesquisas

também se preocuparam em *analisar as contribuições e limitações da modelagem em processos de ensino e aprendizagem*.

Outra pesquisa de doutorado analisada, e que também relaciona a modelagem, como atividade de ensino e aprendizagem, ao desenvolvimento de habilidades foi realizada pela autora Ramos (2015), em que ela relata que a modelagem molecular com a utilização de *software* de visualização molecular pode auxiliar notoriamente no desenvolvimento de habilidades visuoespaciais. Segundo a autora:

A compreensão de muitos conceitos químicos está diretamente ligada as habilidades visuoespaciais, pois a visualização faz parte de um sistema de percepção de símbolos que são típicos desta Ciência. Esta habilidade pode avançar para a consolidação de imagens mentais dinâmicas, permitindo que os estudantes possam realizar simulações mentais e modelar sistemas químicos. Consideramos que a interação dos estudantes com a modelagem molecular pode levar a construção de modelos mentais tridimensionais dinâmicos, produzindo uma conceitualização mais rica do fenômeno químico e **dotando os estudantes de competências específicas e de capacidade de pensamento de alta ordem**. (RAMOS, 2015, grifos nossos).

Sua pesquisa teve como objetivo geral “investigar de que forma ocorre o aprendizado de conceitos químicos por parte de estudantes de ensino médio e superior quando estes utilizam ferramentas de modelagem molecular” (RAMOS, 2015).

A pesquisadora realizou experimentos pilotos para o desenvolvimento de sua metodologia e dois experimentos definitivos. O primeiro experimento definitivo, cuja apresentação e análise serviram de base para a qualificação de sua tese, foi realizado em uma turma do curso de extensão sobre introdução a Modelagem Molecular Computacional da ULBRA/RS com sete estudantes da graduação e o segundo experimento definitivo teve como participantes seis estudantes do curso técnico em Química do IFRS - Campus Porto Alegre.

Para compreender como a estrutura cognitiva dos estudantes pode ser alterada após a utilização da modelagem molecular, a autora buscou investigar os desdobramentos dessa questão de pesquisa nas áreas da Cognição, da Metodologia, da Educação em Química e do Currículo, tomando como referencial epistemológico as concepções de Larry Laudan, que relaciona o desenvolvimento científico com a capacidade de resolver problemas. O referencial teórico que sustenta sua pesquisa foi a Teoria da Mediação Cognitiva, que adota uma síntese de teorias psicológicas para produzir um modelo unificado de explicação para o processamento da informação pelo cérebro. Com um referencial metodológico inédito, adotou parte de epistemologia de Michael Polanyi, que aborda o conhecimento tácito como implícito e inerente a cada sujeito.

Como seu trabalho teve o foco em revelar esse conhecimento tácito, que não é naturalmente explicado pelo estudante, a autora desenvolveu uma metodologia capaz de desvendá-los por meio da compreensão dos gestos descritivos dos estudantes durante o reporte do seu processo de raciocínio quando estavam em meio a resolução de problemas, uma variação da técnica *Think Aloud* que a autora denominou de *Report Aloud*. O discurso verbal dos estudantes foi analisado com o método de análise de discurso.

Como resultado, a pesquisa conseguiu mostrar que o uso da modelagem molecular permitiu que os estudantes desenvolvessem uma visão dinâmica dos processos de transformação das moléculas, auxiliando na consolidação das habilidades visuoespaciais, propiciando aos estudantes a construção de uma visão mais integrada de conceitos em torno da energia que, normalmente, é um assunto tratado separadamente.

No campo da cognição, ambos os experimentos definitivos realizados pela pesquisadora, mostraram que houve ganho de competências representacionais a partir do uso do software de modelagem molecular. Adotando a Teoria da Mediação Cognitiva para explicar esse processo de aquisição do conhecimento a autora descreve que os estudantes partiram dos seus conhecimentos tácitos para a construção de competências por meio da aquisição de novas representações e *drivers* de natureza hipercultural. Para a Teoria da Mediação Cognitiva a aprendizagem ocorre quando novos *drivers* são criados a partir de um processo piagetiano de equilíbrio.

Com a experiência de modelagem vivenciada pelos estudantes houve a produção de imagens mentais fundamentais para o processo de resolução de problemas, imagens mostradas nos gestos descritivos dos estudantes e que demonstraram o uso e desenvolvimento de habilidades visuoespaciais facilitando o processo de criação de novas representações e imagens mentais.

Os resultados da pesquisa também sugerem que quanto mais desenvolvida essa habilidade, mais facilmente as imagens são construídas e transformadas em modelos mentais para criação de novas representações e *drives*, portanto a prática da modelagem molecular contribui de forma significativa para o desenvolvimento desta importante habilidade do pensamento, que auxilia na competência para resolução de problemas.

A pesquisa realizada por Ramos (2015) nos ajuda a responder as questões que norteiam a nossa revisão bibliográfica e se aproxima da nossa pesquisa na medida em que correlaciona

diretamente a modelagem, no contexto da Educação Profissional Técnica de Nível Médio, com o desenvolvimento de habilidades, nesse caso, habilidades visuoespaciais. A autora sugere ainda que tais habilidades podem auxiliar na capacidade dos estudantes em resolver problemas, o que é uma importante competência profissional da área técnica.

No entanto, a autora utiliza um referencial teórico diferente do nosso, a Teoria da Mediação Cognitiva. O que proporciona a ela um caminho diferente do nosso na explicação sobre o processo de desenvolvimento de habilidades por parte do estudante, o que, em nosso entendimento, não se configura como um fator limitante para o uso de seus resultados na construção do presente estudo.

#### **4.2.2. Análise das dissertações**

Anjos (2015) realizou uma pesquisa para o seu mestrado em Educação pela UFMG, cujos objetivos foram: analisar como a participação dos estudantes em situações argumentativas em contextos de ensino fundamentado em modelagem contribui para a aprendizagem sobre o processo de dissolução e analisar como a ação do professor na condução da situação de ensino fundamentado em modelagem contribui para a aprendizagem sobre o processo de dissolução, a coleta de dados ocorreu com o registro em vídeo e áudio das atividades de modelagem ocorridas, assim como dos materiais escritos e modelos concretos produzidos pelos estudantes. Em sua conclusão, a autora relata que “os estudantes aprenderam sobre o processo de dissolução, que ficou evidenciado pela **habilidade deles de explicar a dissolução** a luz das evidências e outras informações disponíveis” (ANJOS, 2015, grifos nossos). O estudo foi realizado com 10 estudantes do ensino fundamental, com faixa etária entre 13 e 14 anos, de uma escola particular de Belo Horizonte.

Temos aqui mais um estudo que relaciona a atividade de modelagem ao desenvolvimento de habilidades para a argumentação. Nesse caso, a atividade de modelagem está relacionada a uma metodologia pré-estabelecida, a mesma proposta por Justi & Gilbert (2002). Um ponto que diferencia a presente pesquisa da apresentada por Anjos (2015) está no contexto; o contexto em que sua pesquisa foi realizada é o da Educação em Ciências, no nível Fundamental. Como já foi dito anteriormente, essa diferença não nos parece ser suficiente para desconsiderarmos as evidências positivas na ligação entre as atividades de modelagem e o desenvolvimento de habilidades presentes em suas conclusões.

Outra pesquisa de mestrado que relaciona a modelagem ao desenvolvimento de habilidades foi realizada por Selau (2017) com o objetivo de estudar as influências do método Episódios de Modelagem (EM) sobre as atitudes e crenças de “autoeficácia” dos estudantes em aprender Física, realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente. A autoeficácia seria, segundo o autor, o quanto os estudantes se julgam capazes de realizar as atividades propostas pelo professor, sendo, esse fator, determinante para o sucesso das atividades. Em outras palavras, é aquilo que o sujeito em desenvolvimento se julga apto a realizar, é a sua consciência a respeito de suas habilidades e competências. Na tentativa de responder quais seriam os impactos da aplicação de Episódios de Modelagem nas crenças de autoeficácia e atitudes dos estudantes em relação à aprendizagem em Física, à realização de atividades experimentais e ao trabalho colaborativo (SELAU, 2017), o autor realizou sua pesquisa com 8 estudantes que cursavam a disciplina de Física Experimental II, que fazia parte da grade curricular do curso Superior de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS).

Os principais resultados de sua pesquisa mostraram que as atitudes dos alunos frente ao aprendizado de Física com o método de ensino em questão foram positivas, tendo sido destacados, principalmente, o planejamento e execução de seus próprios experimentos e as discussões fomentadas pelas apresentações dos resultados e correções das tarefas de leitura. Também ficou constatado um reajuste na percepção dos alunos quanto aos seus “níveis de autoeficácia” devido às experiências vivenciadas com o método “Episódio de Modelagem” em comparação ao método utilizado na disciplina anterior, que faz uso de roteiros dirigidos nos experimentos.

Os resultados do estudo realizado por Selau (2017) apontam para uma evidência importante, na medida em que lança luz ao efeito positivo das atividades de modelagem, e ao que nos parece, necessário, para o desenvolvimento de habilidades e competências, que é a crença do estudante em sua autoeficácia. A experiência de construir um modelo parece proporcionar ao estudante a validação das habilidades e competências relacionadas ao universo da entidade representada pelo modelo construído, seja ele científico ou tecnológico, no caso do estudo realizado por Selau (2017), científico, se tratando de modelos do campo da Física.

Poderíamos, neste ponto, fazer um paralelo entre as habilidades citadas como importantes para a prática científica e colocadas em uso e desenvolvimento através da construção do modelo científico com as habilidades de profissões de outras áreas técnicas, usadas e desenvolvidas pelo estudante quando ele constrói um modelo de um sistema complexo. As evidências colocadas na pesquisa de Selau (2017)

se mostram muito relevantes para nós, já que o contexto da nossa pesquisa é o da Educação Profissional, em que a consciência dos estudantes sobre suas próprias habilidades e competências, sobretudo a confiança para aplicá-las, tornam-se essenciais para a sua atuação como profissional da área.

### **4.2.3. Análise dos artigos nacionais**

Rodrigues e Lavino (2019) publicaram um estudo no qual um dos objetivos era mostrar como a modelagem de fenômenos físicos por meio da técnica *stop motion* poderia beneficiar o processo de ensino e aprendizagem a respeito desses fenômenos. Concordando com Garry Hoban (2007), os autores salientam a existência de benefícios no aprendizado de Ciências durante o planejamento da atividade e também durante a construção e reconstrução do modelo.

Hoban (2007) *apud* Rodrigues e Lavino (2019) salienta a facilitação no aprendizado de ciências em várias fases da atividade de modelagem *stop motion*: durante o planejamento da atividade, os conceitos são evocados e separados em elementos que sirvam à construção de cada quadro; durante a construção do modelo, as evoluções temporais são construídas incrementalmente, permitindo ao aluno refletir sobre o fenômeno em pequenos passos; e ainda, a possibilidade de reconstruir o modelo, faz com que a modelagem *stop motion* seja um processo iterativo, ou seja, cada ciclo de reconstrução demanda uma reflexão profunda por parte do aluno acerca de quais são os aspectos relevantes ao fenômeno e quais devem ser deixados com menos importância.

As colocações de Hoban (2007) *apud* Rodrigues e Lavino (2019) sobre o processo de modelagem *stop motion* se aproximam das concepções adotadas em nosso referencial teórico (apresentado na seção 5) na medida em que separa as etapas do processo de modelagem em etapas de planejamento, modelagem e remodelagem. Na etapa de planejamento o estudante teria a oportunidade de realizar um estudo teórico e conceitual sobre o fenômeno que pretende modelar para, só então, partir para ação efetiva de construção do modelo, onde o mesmo teria a oportunidade de refletir profundamente sobre o fenômeno modelado, já que irá construir uma representação quadro a quadro do mesmo. A remodelagem caracteriza o processo como um ciclo, deixando evidente a importância da prática para reflexão sobre a teoria e a busca por novas compreensões, conceituações e representações, conciliando teoria e prática em um ciclo dinâmico de aprendizagem.

Nesse trabalho, os autores ainda defendem a modelagem *stop motion* como atividade potencialmente engajadora, por meio da qual “os estudantes encontram um ambiente com liberdade criativa para expressar suas formas de compreensão da natureza” (RODRIGUES e LAVINO, 2019). Acreditamos que o engajamento é um fator determinante para o desenvolvimento de habilidades, parecendo-nos razoável dizer que o estudante engajado em uma atividade tende a

se dedicar mais ao processo de desenvolvimento das habilidades envolvidas na atividade, que podem estar ligadas a realização exercícios psicomotores, o que poderia ser exaustivo e infrutífero sem a devida motivação e engajamento.

Em um estudo realizado por Scheller (2017) *et al*, eles procuraram compreender e analisar como estudantes dos anos iniciais da Educação Básica resolvem situações-problema em atividade de modelagem que podem requerer domínio algébrico simbólico e quais linguagens fazem uso na expressão dos modelos.

Os dados empíricos da pesquisa foram coletados em práticas de modelagem desenvolvidas com 16 estudantes de escola pública durante 11 horas-aula e foram obtidos dos materiais produzidos pelos estudantes, gravações de áudio e vídeo e observação realizada durante a prática sobre a numeração do calçado de uma pessoa. Seus resultados evidenciaram que os estudantes resolveram situações-problema apresentando modelos com o uso de linguagem natural, numérica e tabular e que eles demonstraram domínio algébrico, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais de 1998 (PCN) citado pelos autores, “o estudo da álgebra constitui um espaço bastante significativo para que o aluno desenvolva e exercite sua capacidade de abstração e generalização, além de lhe possibilitar a aquisição de uma poderosa ferramenta para resolver problemas” (BRASIL, 1998, p. 115 *apud* SCHELLER *et al*, 2017), além de extrapolar os objetivos referentes a realização de previsão a partir do modelo.

Dentre as várias contribuições da modelagem para a Educação relatadas pelos autores, principalmente para o pensamento algébrico, os processos de construção dos modelos realizados pelos estudantes os permitiram observar o desenvolvimento de representações de processos racionais perpassados ao longo do processo de compreensão, ou seja, os significados. Um processo semiótico de entender por meio dos modelos e não propriamente apenas entender os modelos, inferindo maior importância ao que se aprendeu por meio da atividade de modelagem (SCHELLER *et al*, 2017).

Os resultados alcançados nessa pesquisa nos chamam a atenção pois, apesar de terem sido obtidos em um contexto da educação diferente do nosso, sinaliza uma importante característica das atividades de modelagem, que é a possibilidade do que se pode aprender com a construção dos modelos para além dos próprios modelos: aprender com o processo, problematizando, levantando hipóteses, realizando testes, errando e acertando, trazendo mais significado a aprendizagem. Além

de possibilitar ao estudante oportunidades para que ele perceba, busque e gerencie de forma mais espontânea seu próprio desenvolvimento, processo que está ligado às habilidades metacognitivas, como já havia concluído Maia (2009) em pesquisa realizada no contexto da Educação Básica.

Heidemann, Araujo e Veit (2016) publicaram uma pesquisa cujo objetivo foi ressignificar as atividades experimentais em aulas de laboratório nos cursos de graduação de Física por meio do que os autores denominaram de “episódios de modelagem”. De acordo com esses autores:

[...] hoje são frequentes em aulas de laboratório de cursos de graduação em Física atividades que levam os estudantes a agir mecanicamente na execução de roteiros excessivamente dirigidos, sem refletir suficientemente sobre os fundamentos teóricos que embasam seus experimentos. (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016).

Nessas atividades de modelagem os estudantes foram colocados diante de situações que, segundo os autores, evidenciavam aspectos importantes do processo de modelagem científica, dando oportunidade para que eles construíssem concepções epistemológicas não ingênuas, e que demandavam uma postura ativa, possibilitando o desenvolvimento de competências relacionadas com a criação de questões de pesquisa, delineamento de experimentos, execução crítica de procedimentos experimentais e análise de dados.

Os autores relatam que as atividades de modelagem proporcionam oportunidade para que os estudantes “desenvolvam competências para se comunicarem de forma oral, argumentando com base em conhecimentos científicos e evidências experimentais”. Temos aqui mais um estudo que corrobora a hipótese de que a atividade de modelagem pode auxiliar o desenvolvimento de habilidades e competências, nesse caso relacionadas as habilidades argumentativas, como já identificado por Mendonça (2011).

Os autores salientam ainda “que o desenvolvimento das competências dos estudantes relacionadas com o processo de modelagem científica proporcionado por apenas quatro episódios de modelagem é bastante tímido” (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016). Entendemos que o desenvolvimento de habilidades psicomotoras complexas requer tempo e prática por parte do sujeito em desenvolvimento e as atividades de modelagem, como experiência de aprendizagem, oportunizam e estimulam o estudante a necessária dedicação para o seu desenvolvimento. No entanto, como colocado pelos autores, a experiência proporcionada por apenas uma ou até mesmo quatro atividades de modelagem não parece ser suficiente para o pleno desenvolvimento das habilidades, tão pouco de competências ligadas a construção de modelos.

Outro trabalho que teve como objetivo investigar as relações da modelagem com as habilidades argumentativas foi publicado pela autora Justi (2015). A autora realizou uma reanálise do conjunto de dados empíricos coletados na pesquisa de Mendonça (2011) e concluiu que “a participação em atividades de modelagem requer a utilização de todas as habilidades relacionadas à argumentação”. Habilidades ligadas a capacidades como: lidar com evidências, elaborar argumentos, contra-argumentar, elaborar teorias alternativas e refutar (JUSTI, 2015).

#### **4.2.4. Análise dos artigos internacionais**

Um estudo publicado pelas pesquisadoras norte-americanas Stammen, Malone e Irving (2018) teve como objetivo investigar os efeitos de uma instrução de modelagem realizada em um workshop de Biologia sobre as habilidades de raciocínio científico de professores. A coleta dos dados foi realizada por meio de entrevistas, grupos focais, redações produzidas pelos professores e também por meio da aplicação do Teste de Sala de Aula Lawson para o Raciocínio Científico, aplicado antes e depois do workshop.

As autoras relatam que muitos estudantes, em todo mundo, apresentam carência de habilidades ligadas ao raciocínio científico e que essa deficiência nos alunos pode estar ligada a uma deficiência de raciocínio científico apresentada pelos professores em formação.

O raciocínio é um processo realizado formalmente nos domínios acadêmicos e informalmente em situações cotidianas para entender os fenômenos, eventos e processos. O raciocínio foi identificado como uma habilidade necessária para o engajamento efetivo e aprendizado dos conhecimentos teóricos associados às disciplinas científicas. Alguns pesquisadores definem o raciocínio científico como o pensamento sobre um tópico com base em conhecimento científico. Essa definição pode ser expandida para incluir “sub-habilidades” associadas ao raciocínio científico como, raciocínio hipotético-dedutivo, controle de variáveis, geração de hipóteses e conclusões baseadas em evidências (STAMMEN, MALONE & IRVING, 2018).

Os resultados do estudo sugerem que a instrução de modelagem de três semanas no workshop de Biologia contribuiu para ganhos no raciocínio científico dos professores em serviço e, portanto, fornecem evidências de que os professores deste estudo estão mais preparados para

ajudar a desenvolver habilidades semelhantes com seus próprios alunos à medida que eles se envolvem no currículo de instrução.

Em um estudo realizado pelos pesquisadores coreanos Sung e Oh (2018) adaptaram três tipos de práticas de modelagem para ensinar duas classes de ciências da 6ª série coreana as causas das estações climáticas da Terra. O estudo teve como objetivo identificar as competências específicas dos estudantes e os desafios para a realização da prática de modelagem. A coleta de dados se deu por meio de gravações das lições baseadas em modelagem, nos artefatos construídos pelos estudantes e professores e por meio de entrevistas realizadas com os estudantes. O estudo revelou que os estudantes apresentaram competências para a construção dos modelos, mas tiveram dificuldades em considerar a inclinação da Terra como causa das estações do ano e em encontrar uma maneira adequada de representar a altitude meridiana do Sol no globo terrestre. No entanto, segundo os autores, esses desafios foram vencidos com a ajuda dos professores (SUNG & OH, 2018).

Os autores ressaltaram a importância da utilização das competências e habilidades já desenvolvidas pelos estudantes como ferramenta de aprendizagem, em que o papel do professor passa a ser o de criar situações, como as atividades de modelagem, por meio das quais os estudantes possam colocar essas habilidades e competências em prática para desenvolver novos conhecimentos.

Em outro estudo publicado pelos pesquisadores da Universidade do Norte da Califórnia, Lammi e Denson (2017) realizaram uma pesquisa no contexto da formação de professores para um curso de engenharia, cujo objetivo foi entender como os professores em formação raciocinam e trabalham em projetos de engenharia com foco na modelagem de artefatos. Para atingir tal objetivo, eles coletaram artefatos por meio de uma abordagem instrumental de estudo de caso com professores em formação em um curso de especialização em engenharia de projetos. Os estudantes de projetos produziram artefatos na forma de modelos conceituais, gráficos, modelos matemáticos e modelos de trabalho.

Os resultados da pesquisa sugerem que o foco na modelagem em projeto de engenharia pode ser benéfico para o estudante e para o professor. A modelagem não apenas serviu como veículo de representação, mas também como uma ajuda na avaliação e documentação dos processos cognitivos dos estudantes.

Esses pesquisadores também investigaram a formação de hábitos mentais relacionados à modelagem para “enfrentar desafios” em projetos de engenharia e que, embora muitos estudantes tenham lutado com os conceitos da modelagem matemática, suas experiências forneceram evidências de que a modelagem de artefatos os ajudou entender conceitos difíceis e produzir materiais concretos para avaliação. Segundo o estudo, uma vantagem pedagógica dos artefatos de modelagem é que eles fornecem exemplos concretos de um processo muito abstrato. Os estudantes aprenderam hábitos mentais de projeto de engenharia em algum nível, “mas não se espera que as lições aprendidas se tornem um hábito por meio de um único projeto realizado em um semestre”. No entanto, os estudantes passaram a entender que o projeto de engenharia está longe de ser um processo linear (LAMMI & DENSON, 2017): “um hábito ou mudança de pensamento exige tempo, não apenas por parte dos alunos, mas também do professor” (CUOCO, GODENBURG e MARK, 1996 *apud* LAMMI & DENSON, 2017).

Tal estudo nos confere mais evidências dos benefícios pedagógicos no uso da modelagem como estratégia de ensino, agora em um estudo realizado em um contexto relativamente próximo do contexto da presente pesquisa, já que trata de educação para projetos de engenharia com a utilização de modelos ao longo do processo, o que se aproxima muito do perfil dos trabalhos produzidos para a exposição na feira de Ciências e Tecnologia que compõe o contexto da nossa pesquisa.

O estudo demonstra evidências claras da relação entre a modelagem, que foi dividida em quatro etapas – modelo conceitual, gráfico, matemático e modelo de trabalho; as habilidades usadas e necessárias ao longo desse processo – habilidades de gestão do projeto; e para a construção dos modelos, como habilidades criativas ligadas aos modelos conceituais, habilidades matemáticas e ferramentas de modelagem matemática, como *softwares* relacionados à construção de modelos matemáticos, habilidades de testes, simulações, análise crítica e tomada de decisões para viabilizar o projeto, normalmente realizadas com o subsídio dos modelos gráficos e de trabalho.

Apesar do estudo ter sido realizado em um contexto diferente da nossa pesquisa, nível superior, em que o estudante de engenharia estuda com maior profundidade o desenvolvimento de projetos, acreditamos ser possível realizarmos essa aproximação, mais uma vez, com a intenção de corroborar nossa hipótese sobre a ligação entre as atividades de modelagem e o desenvolvimento de habilidades, além de elucidar como as atividades de modelagem podem ser importantes para o

ensino de projetos na engenharia e também na EPTNM, em que o técnico em formação precisa ser submetido a experiências que proporcionem a ele um ambiente que o aproxime do mundo de trabalho onde irá atuar.

## **5. REFERENCIAL TEÓRICO**

Esta seção está organizada da seguinte forma: primeiro apresentamos os conceitos de habilidades e desenvolvimento de habilidades, em seguida os conceitos de modelos científicos e modelagem e, por fim, uma síntese sobre a Teoria da Aprendizagem Experiencial (TAE) de David Kolb (2015).

### **5.1. Educação Profissional e o desenvolvimento de habilidades e competências**

Vários países se debruçaram sobre o tema do desenvolvimento de competências associadas às principais etapas da escolaridade. Durante os anos noventa, a noção de competência inspirou uma reescritura dos programas educacionais em Québec, na França e na Bélgica (PERRENOUD, 1999). O autor acrescenta que a dualidade entre assimilar saberes ou desenvolver competências nas escolas, na realidade, não existe, pois, ao desenvolver competências o estudante mobiliza os saberes em um contexto prático, caso contrário, muitos dos conceitos estudados nas escolas são esquecidos, já que não foram colocados em prática de forma contextualizada, que é o que acontece com frequência, segundo o autor.

No Brasil, a Educação Profissional parece ter sido estruturada, no início da década de 2000, sob um paradigma pedagógico cujo foco central transfere-se dos conteúdos para as competências. Nessa época, esse paradigma já se mostrava presente em muitos discursos e estudos, mas ainda não se mostrava presente, de forma significativa, na prática docente da Educação Profissional, que ainda se apoiava, e até hoje se apoia, no paradigma tradicional da educação, com intensa fragmentação do conhecimento. Esse novo paradigma na Educação Profissional introduz o conceito de habilidades e competências para o desenvolvimento da trabalhabilidade (BRASIL, 1999b).

Assim, a trabalhabilidade seria o ponto chave para tratarmos de Educação Profissional no Brasil (Brasil, 1999b), sendo esse o grande desafio em tempos de globalização, de ferramentas tecnológicas avançadas, constantemente recicladas e substituídas. Palavras de ordem em negócios produtivos contemporâneos, produtividade e competitividade, são questões não só de prosperidade, mas de sobrevivência. Nesse cenário, surgem graves problemas sociais em escala mundial, como a falta de oportunidades de trabalho. A solução desse problema, não se resume no melhor preparo dos trabalhadores, porém, a Educação Profissional renovada e alinhada com as exigências do atual

mundo do trabalho, exerce um papel importante neste sentido. Como parte da vida produtiva e do exercício da cidadania, a trabalhabilidade é tratada como o objetivo principal da educação profissional. Nesse sentido, no centro dessa modalidade de educação encontra-se o processo de apropriação das condições, habilidades e competências, para produzir benefícios para a sociedade, em situações instáveis e de permanente mudança.

As reformas realizadas na educação brasileira, envolvem conceitos mais alinhados com a trabalhabilidade contemporânea e futura. Já há bastante tempo esses conceitos, com foco em competências e metodologias ativas de ensino, vêm sendo tratados por estudos acadêmicos, mas com pouca influência na construção de currículos e na prática docente. Agora estamos diante de um cenário onde aprender como sujeito ativo, crítico, pensante, protagonista do processo de aprendizagem, passa a ser uma necessidade urgente (BRASIL, 1999b).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 2018 reforça que o Ensino Médio, etapa final da Educação Básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades, dentre outras:

A preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores; O aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.” (BRASIL, 2018).

A Base Nacional Curricular Comum (BNCC) de 2017, documento que tem como objetivo nortear as práticas de ensino e aprendizagem na Educação Básica no Brasil, aponta como fundamento pedagógico o foco no desenvolvimento de habilidades e competências. Assim como as avaliações internacionais da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que coordena o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), assim como a UNESCO, junto ao Laboratório Latino-americano de Avaliação da Qualidade da Educação para América latina, também adotam o enfoque no desenvolvimento de habilidades e competências (BRASIL, 2017).

Características como, criatividade, saber comunicar-se, ser analítico e crítico, aberto ao novo, participativo, colaborativo, resiliente, produtivo, responsável, ético, responsável com o meio ambiente, dentre outras, fazem parte da nova realidade do mundo do trabalho e da sociedade. Tais características exigem o desenvolvimento de competências como aprender a aprender, saber lidar

com as muitas informações disponíveis, mobilizar conhecimentos para resolver problemas, tomar decisões, conviver e aprender com as diferenças e as adversidades.

Segundo consta na BNCC de 2017, a Educação Básica deve ser integral, visando à formação humana global. O que significa compreender a complexidade do desenvolvimento de habilidades e competências, propondo a superação da fragmentação do conhecimento, estimulando à sua aplicação na vida real, destacando a importância do contexto para dar significado ao que se aprende e ao protagonismo do estudante em sua aprendizagem (BRASIL 2017).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica, de 1999, destacam entre os princípios norteadores dessa modalidade de educação, o desenvolvimento de competências para a trabalhabilidade. Tais competências são classificadas em três: básicas, profissionais gerais e profissionais específicas (BRASIL, 1999b).

Não obstante, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio, de 2012, definem como uma das finalidades dessa modalidade de ensino proporcionar ao estudante competências necessárias ao exercício da profissão e da cidadania:

Os cursos de Educação Profissional Técnica de Nível Médio têm por finalidade proporcionar ao estudante conhecimentos, saberes e competências profissionais necessários ao exercício profissional e da cidadania, com base nos fundamentos científico-tecnológicos, sócio-históricos e culturais. (BRASIL, 2012).

Entre seus princípios norteadores destacamos o reforço do conceito de competência ao tratar do perfil dos estudantes concluintes dos cursos:

Identidade dos perfis profissionais de conclusão de curso, que contemplem conhecimentos, competências e saberes profissionais requeridos pela natureza do trabalho, pelo desenvolvimento tecnológico e pelas demandas sociais, econômicas e ambientais (BRASIL, 2012).

Apesar das atualizações dos documentos que norteiam as práticas na Educação Profissional Técnica de Nível Médio, a manutenção do direcionamento para as práticas pedagógicas de desenvolvimento de habilidades e competências se manteve. Considerando o que o aluno deve saber, constituição de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes, e o que ele deve saber fazer, mobilização dos conhecimentos, habilidades, valores e atitudes para resolver demandas da sociedade e do mundo do trabalho (BRASIL, 2000).

Surge então, nesse novo paradigma, de forma expressiva na educação profissional, o conceito de habilidades e competência como elemento orientador na elaboração de currículos e práticas educativas. Estes currículos e práticas trazem em sua essência, situações-meio para

promover aprendizagens profissionais significativas, e não são mais orientados apenas para os conteúdos das disciplinas, mas também para tais habilidades e competências a serem desenvolvidas nos estudantes (BRASIL, 1999b), situações-meio que podem incluir o desenvolvimento e a construção de modelos científicos.

O conceito de competências articula conhecimentos, habilidades, valores e atitudes. De acordo com os Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico (2000), competência é entendida da seguinte forma:

As competências enquanto ações e operações mentais articulam os conhecimentos (o saber, as informações articuladas operativamente), as habilidades (psicomotoras, ou seja, o saber fazer elaborado cognitivamente e sócio-afetivamente) e os valores, as atitudes (o saber ser, as predisposições para decisões e ações, construídas a partir de referenciais estéticos, políticos e éticos), constituídos de forma articulada e mobilizados em realizações profissionais com padrões de qualidade requeridos, normal ou distintivamente, das produções de uma área profissional. (BRASIL, 2000).

A competência pode ser caracterizada pela condição de mobilizar saberes cognitivos, psicomotores e socioafetivos, como recursos ou insumos, por meio de análises, sínteses, inferências, generalizações, analogias, associações, transferências, em outras palavras, de esquemas mentais adaptados e flexíveis, em ações próprias de um contexto profissional específico, gerando desempenhos eficientes e eficazes (BRASIL, 2000). A figura 1 ilustra essa relação entre competências e habilidades.

**Figura 1** - Conceito de competência: habilidades, valores e atitudes



**Fonte:** (BRASIL, 2000)

As habilidades e bases tecnológicas, que são conjuntos sistematizados de conceitos, princípios e processos (métodos, técnicas, termos, normas e padrões) resultantes, em geral, da aplicação de conhecimentos científicos a essa área produtiva, são os componentes que possibilitam que essas competências sejam colocadas em ação em realizações eficientes e eficazes (BRASIL,

2000). Destacamos aqui, a importância da articulação entre as habilidades psicomotoras, ligadas aos saberes práticos, com os conhecimentos teóricos, que são as bases tecnológicas, mobilizados para o efetivo desenvolvimento de competências. A figura 2 exemplifica a relação entre competências, habilidades e bases tecnológicas.

**Figura 2** - Exemplo de matriz de referência para competências e habilidades

EXEMPLO DE MATRIZ DE REFERÊNCIA	
COMPETÊNCIAS, HABILIDADES E BASES TECNOLÓGICAS (Área Profissional: Comunicação)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>COMPETÊNCIAS</b></li> <li>• EXEMPLO: PESQUISAR, IDENTIFICAR OU SELECIONAR ELEMENTOS SIGNIFICATIVOS OU DEFINIDORES DA IDENTIDADE DO OBJETO DA CRIAÇÃO E DE SEU CONTEXTO, A SEREM EVIDENCIADOS OU EXPRESSOS NO PROJETO DE COMUNICAÇÃO VISUAL GRÁFICA E/OU INFOGRÁFICA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>HABILIDADES</b></li> <li>• EXEMPLO: UTILIZAR FLUENTEMENTE FERRAMENTAS DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA.</li> <li>• <b>BASES TECNOLÓGICAS</b></li> <li>• EXEMPLO: FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS DE SEMIOLOGIA E SEMIOTECNICA, ELEMENTOS E FONTES / ACERVOS DE ICONOGRAFIA.</li> </ul>

**Fonte:** (BRASIL, 2000)

A definição do conceito de habilidades psicomotoras como parte integrante das competências profissionais, gerais e específicas, das áreas de atuação profissional, nos norteia na presente pesquisa, entretanto, considerar que cada competência contém um determinado número de habilidades não significa considerar que certa habilidade pertence única e exclusivamente a essa competência. Macedo (2005) apresenta uma visão dos conceitos de competência e habilidade que dependem do contexto em que são aplicados:

A diferença entre competência e habilidade, em uma primeira aproximação, depende do recorte. Resolver problemas, por exemplo, é uma competência que supõe o domínio de várias habilidades. Calcular, ler, interpretar, tomar decisões, responder por escrito, etc., são exemplos de habilidades requeridas para a solução de problemas de aritmética. Mas, se sairmos do contexto de problema e se considerarmos a complexidade envolvida no desenvolvimento de cada uma dessas habilidades, podemos valorizá-las como competências que, por sua vez, requerem outras tantas habilidades. (MACEDO, 2005).

## 5.2. Modelo científico e modelagem

A palavra modelo tem origem etimológica no latim *modulus* que quer dizer “a medida arbitrária utilizada para determinar relatórios de proporção entre as partes de uma obra de

arquitetura” (ARMATTE, 2005 *apud* SILVA e CATELLI, 2019). Ainda segundo o autor, posteriormente, na idade média, aparece no francês como *moule* (molde), no inglês como *mould* e no alemão como *mold*. Reaparece no período renascentista italiano como *modello*, no francês tornava-se *modèle*, em inglês *model* e em alemão *modell*. Antes utilizada por artesãos, pedreiros e arquitetos, essa noção de modelo aos poucos foi sendo incorporadas à área científica e sofrendo constante adaptação de seus significados. Em consulta a dicionário contemporâneo encontramos definições como:

Representação, em escala reduzida, de objeto, obra de arquitetura a ser reproduzida em dimensões normais, desenho; objeto ou pessoa em cuja reprodução estética trabalha o artista; figura produzida em argila, cera ou gesso, que se destina a ser reproduzida em pedra, mármore ou bronze; aparelho ou conjunto de aparelhos que permitem a reprodução de determinada peça por processos usada em fundição para o preparo de objetos de metal; molde; reprodução tridimensional, ampliada ou reduzida, de qualquer coisa real, usada como recurso didático; tipo particular de determinado produto; fórmula que serve de disposição ou ordem para a composição de um ato processual ou forense; impresso utilizado em repartições públicas, firmas, bancos, com lacunas a serem preenchidas pelo interessado; coisa ou pessoa que serve de imagem, forma ou padrão a ser imitado, ou como fonte de inspiração; exemplo dado por uma pessoa, uma coisa, que possui determinadas características em mais alto grau; representante típico de uma categoria; esquema teórico que representa um fenômeno ou conjunto de fenômenos complexos e permite compreendê-los e prever sua evolução; representação de um fenômeno ou conjunto de fenômenos físicos e eventualmente a previsão de novos fenômenos ou propriedades, tomando como base um certo número de leis físicas, em geral obtidas ou testadas experimentalmente; indivíduo contratado por agência ou casa de modas para desfilar com as roupas que devem ser exibidas à clientela, manequim. (MODELO, 2021).

Gilbert e Boulter (1994) definem modelo como a representação de uma ideia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema. Essa ideia de modelo para representar algo, real ou abstrato, parece ser o entendimento mais aceito para o termo dentro do campo da Ciência. Do ponto de vista epistemológico, de uma forma geral, os modelos são entendidos como uma forma de representação simplificada e idealizada da realidade. Esse entendimento veio sendo construído e evoluindo no último século.

### **5.2.1. Objetos-modelo de Mario Bunge**

A construção conceitual necessária para a compreensão da realidade se dá por meio de idealizações e categorizações das coisas e dos fenômenos e isso só é possível por meio da construção de objetos-modelo ou modelos conceituais dessas coisas ou fenômenos. “A formação de cada modelo começa por simplificações, mas a sucessão histórica dos modelos é um progresso de complexidade” (BUNGE, 1974, p. 13). De acordo com o autor, os modelos são construções da

observação, da intuição e da razão que submetidos à experiência podem apresentar tanto as suas qualidades quanto seus limites. Seu papel está na tentativa de apreensão da realidade:

[...] para apreender o real começa-se por afastar-se da informação. Depois, se lhe adicionam elementos imaginários (ou entes hipotéticos) mas com uma intenção realista. Constitui-se assim um objeto-modelo mais ou menos esquemático e que, para frutificar deverá ser enxertado sobre uma teoria suscetível de ser confrontada com os fatos. (BUNGE, 1974, p.16).

Segundo Bunge (1974, p. 16), um objeto-modelo será apropriado para representar uma coisa ou fenômeno, ou seja, uma certa realidade, apenas se for desenvolvida uma teoria específica ou modelo teórico para o mesmo. Esse modelo teórico deve descrever o comportamento da realidade modelada. O autor acrescenta “[...] um modelo teórico é um sistema hipotético-dedutivo que concerne a um objeto-modelo, que é, por sua vez, uma representação conceitual esquemática de uma coisa ou de uma situação real ou suposta como tal [...]” (BUNGE, 1974, p.16). O objeto-modelo só é capaz de gerar explicações e previsões sobre a realidade por meio de seu objeto teórico. “Um objeto modelo, portanto, é uma representação de um objeto: ora perceptível, ora imperceptível, sempre esquemático e, ao menos em parte, convencional” (BUNGE, 1974, p. 22).

Os objetos-modelos possuem a capacidade de representar as coisas ou fenômenos, sendo essa a relação entre os modelos e a realidade. E essa relação entre o modelo e as coisas ou fenômenos podem ser múltiplas e irão depender sempre dos meios disponíveis e dos objetivos que se tem na realização da modelagem (BUNGE, 1974, p. 23), e acrescenta: “Um objeto-modelo, mesmo engenhoso, servirá para pouca coisa, a menos que seja encaixado em um corpo de ideias no seio do qual se possam estabelecer relações dedutivas” (BUNGE, 1974, p. 23). Esse corpo de ideias passa a compor a teoria específica ou modelo teórico, se for capaz de explicar e prever, mesmo que parcialmente, a realidade. Ainda nessa linha, o autor afirma que um modelo só será coerente se sua teoria específica estiver apoiada por outra teoria mais geral, chamada de teoria geral.

Os modelos, no sentido empregado por Bunge, cumprem o papel de identificar as relações entre as “teorias” e os “dados empíricos”. Portanto os objetos-modelos são “como intermediários entre as duas instâncias limítrofes do fazer científico: conceitos e medidas” (PIETROCOLA, 1999 *apud* SILVA e CATELLI, 2019). Segundo o autor, Bunge entende a necessidade do papel de modelização na ciência como mediadora entre as teorias gerais e os dados empíricos, uma vez que, as primeiras por serem “abstrações produzidas por nossa razão e intuição não se aplicariam *a priori*

às coisas reais”. Da mesma forma, “os dados empíricos apesar de mais próximos da realidade, não podem ser inseridos em sistemas lógicos e gerar conhecimento” (PIETROCOLA, 1999, p.15 *apud* SILVA e CATELLI, 2019). Essa mediação somente é possível por meio da construção de objetos-modelo.

Bunge (1974, p.32) afirma que um objeto-modelo pode ser caracterizado como “qualquer representação esquemática de um objeto”, podendo assim, ter a forma de um desenho (pictóricos ou figurativos), de um material concreto (sólido esférico, maquete) ou de uma estrutura conceitual (onda eletromagnética). No entanto, segundo o autor, aqueles que realmente interessam para a Ciência enquanto construtores e validadores de teorias são os do tipo conceitual:

[...] as teorias específicas ou modelos teóricos encerram objetos-modelo do tipo conceitual mais do que representações visuais ou figurativas. Sem dúvida, é possível sempre descrever o modelo com o auxílio de um diagrama e mesmo, às vezes, com a ajuda de um modelo material – tais como os modelos esféricos de moléculas: este auxilia a compreender as ideias difíceis e algumas vezes a inventá-las. Não obstante, nem diagramas nem análogos materiais podem representar o objeto de uma maneira tão precisa e completa como o faz um conjunto de enunciados. (BUNGE, 1974, p.25-6).

Nem todos os elementos pertencentes à realidade são apropriados pelo modelo, ou seja, representação por meio de um objeto-modelo é sempre parcial. Além disso, toda modelagem é também sempre convencional, isto é, a construção de um objeto-modelo dependerá sempre dos objetivos de quem está construindo o modelo (SILVA e CATELLI, 2019), a modelagem científica e a modelagem didática têm objetivos diferentes. Bunge (1974, p.34) acrescenta: “a fim de conseguir um modelo teórico, o objeto-modelo tem de ser expandido e engastado em uma moldura teórica. Ao ser absorvido por uma teoria, o objeto-modelo herda as peculiaridades desta e, em particular, suas leis”. De modo semelhante, “Todo modelo teórico é parcial e aproximativo: não apreende senão uma parcela das particularidades do objeto representado” (BUNGE, 1974, p. 30).

### **5.2.2. Transposição didática dos modelos científicos**

Bunge (1974, p.34) define os objetos-modelos usados na Ciência de fato como objetos-modelos conceituais, ou simplesmente objetos-modelos científicos. Esses objetos-modelos científicos são “aqueles que não necessitam de uma representação figurativa ou visual para existirem, a sua capacidade está em sua propriedade conceitual ou teórica mais do que em sua capacidade estética ou psicológica” (SILVA e CATELLI, 2020).

No entanto os autores enfatizam que no caso da utilização de modelos no ensino de Ciências, os aspectos estéticos e psicológicos, menos valorizados no desenvolvimento das teorias científicas de fato, ganham relevância e propósito:

Para o ensino, esta ampliação de aspectos é tanto mais importante, quando se tem em mente que, em particular, o aspecto psicológico das explicações é fundamental para os indivíduos em geral. Pois parece que ao produzirem modelos explicativos, os indivíduos buscam a compreensão daquilo que os cerca. (CUPANI e PIETROCOLA, 2002, p.18 *apud* SILVA e CASTELLI, 2020).

Esses autores ainda consideram que para ensinar Ciências na escola se faz necessário um processo de reformulação dos objetos-modelos conceituais, pois esses são “problemáticos por apresentarem uma linguagem pouco comum aos estudantes, distanciando-se em muito da linguagem e dos conhecimentos prévios que estes possuem”. Essa reformulação dos objetos-modelos conceituais em objetos-modelos didáticos, sem que eles percam seu caráter explicativo e preditivo, foi denominada pelos autores de transposição didática (CHEVALLARD, 2005 *apud* SILVA e CASTELLI, 2020).

O emprego dos objetos-modelo e de seus modelos teóricos “não se mantém nas áreas das Ciências em desenvolvimento, em que a construção atua centrifugamente, fora dos objetos-modelo, na maior parte do tempo” (BUNGE, 1974, p.36). Este parecer ser o caso de algumas áreas técnicas como as Engenharias e da pesquisa operacional ou aplicada.

A partir dos primeiros modelos na Física no início do século XX, passando pelos modelos matemáticos até os objetos-modelos de Mario Bunge, já na década de 1970, as ideias de modelo na Ciência estavam bastante alinhadas a “concepção de um modelo que representa um real capturado ao mesmo tempo por uma teoria e por uma observação quantificada” (SILVA e CASTELLI, 2019), desta forma, servindo como instrumento de validação empírica de uma teoria. Porém, essa concepção não se mostra mais hegemônica a partir da década 1980, sendo desenvolvido outro conceito de modelos em áreas das Ciências Aplicadas, como nas engenharias e também na pesquisa operacional, ou como chamada atualmente, pesquisa aplicada.

### **5.2.3. Simulações computacionais**

Diante da complexidade e a grande quantidade de variáveis envolvidas nos objetos estudados em áreas como, climatologia, sistemas de controle e automação, sistemas de telecomunicações, microeletrônica, economia, logística, meio ambiente, entre outras, percebe-se a ausência de uma teoria única que de condições para apreensão da realidade desses sistemas. Nesse

cenário surgem novas teorias e instrumentos para representar, apreender, compreender e prever a realidade, sobre os objetos de interesse destas áreas. Armatte (2005, p. 113 *apud* SILVA e CATELLI, 2019) entendem que nesse período, a partir da década de 1980, surge uma nova concepção de modelo na ciência, que faz uso, principalmente, de simulações computacionais:

O modelo torna-se um mecanismo de integração de dados produzidos por um sistema de informação. O modelo, conjuntos de equações, conversões, de dados que se transformaram em um software, constitui um sistema de substituição ao sistema real, do qual não se tem teoria completa, e que permite fazer experiências fictícias, para compreender o jogo complexo das suas interações. E estas experiências fictícias constituem efetivamente uma metodologia de substituição, em relação ao método hipotético-dedutivo assim como em relação ao método experimental, no caso dos sistemas complexos. (ARMATTE 2005, p. 113 *apud* SILVA e CATELLI, 2019)

Após a segunda guerra mundial o computador passa a ser uma máquina capaz de reunir uma grande quantidade de dados e teorias, processar um grande número de informações que até então eram intratáveis de outra maneira (SILVA e CATELLI, 2019); de forma semelhante ao próprio modelo, as simulações computadorizadas não exercem apenas o papel de intermediário entre teoria e dados empíricos, e deixa de se basear apenas em um *sistema formal*, empregado em lógica matemática, em busca da delimitação de um sistema físico ou social: “[...] o modelo não é mais apenas uma estrutura matemática que representa uma teoria, ele torna-se uma dupla representação parcial e orientada (pelo objetivo que se tem e pelo estado do sistema de observação e de medida) [...]” (ARMATTE, 2005, p. 112-3 *apud* SILVA e CATELLI, 2019).

A simulação por *software* pode antecipar o comportamento dos fenômenos e, dessa forma, permitir a inferência sobre eles. Essa é técnica largamente empregada na pesquisa aplicada, que consiste no “uso do computador para simular a operação de um processo inteiro ou sistema” antes mesmo de testar a sua validade no mundo real (FREDERICK S. HILLIER e GERALD J. LIEBERMAN, 2006, cap. 20, p.1 *apud* SILVA e CATELLI, 2019).

Esses autores acrescentam que as simulações são formas de perceber ou inventar a realidade (ou as supostas realidades) difíceis de ser interpretadas e conhecidas; técnicas que vão desde a “análise de risco em processos financeiros” até ao desenvolvimento de simuladores de voo para “imitar o desempenho de um avião de verdade em um ambiente controlado” (HILLIER & LIEBERMAN, 2006, cap. 20, p.1 *apud* SILVA e CATELLI, 2019). Ainda segundo os autores, nestes novos métodos de modelagem um sistema parece ser um conjunto de elementos em interação, denominado atualmente de sistema complexo.

#### 5.2.4. Modelagem no ensino de projetos na Engenharia

As estratégias de ensino que fazem uso de projeto de engenharia prometem engajar os estudantes no desenvolvimento do pensamento crítico e na resolução de problemas, proporcionando significado e integração com as disciplinas de educação, *Science, Technology, Engineering e Mathematics - STEM* (WICKLEIN 2006, BROPHY *et al.* 2008 *apud* LAMMI & DENSON, 2017).

Considerando que as atribuições do técnico de nível médio incluem a prestação de assistência no desenvolvimento de projetos de engenharia, entendemos que as habilidades ligadas as realizações de atividades em projetos de engenharia tornam-se relevantes não só para o engenheiro, mas também para o técnico de nível médio.

A modelagem é um hábito essencial da mente e da prática para o projeto de engenharia na sala de aula, bem como no exercício da profissão. A modelagem em projetos de engenharia é mais do que a produção de apenas uma representação física, mas inclui, de maneira mais ampla, as "formas de realização dos processos de pensamento, ideias e descobertas" (KATEHI, PEARSON e FEDER, 2009 *apud* LAMMI & DENSON, 2017). Segundo esses autores, o foco na modelagem no ensino de engenharia não apenas ajuda o projeto do aluno, mas também ajuda o professor pedagogicamente. Os artefatos produzidos pela modelagem são ferramentas benéficas para os alunos demonstrarem seu pensamento sobre o projeto de engenharia ao mesmo tempo que desenvolvem um hábito da mente essencial para a prática de engenharia.

A modelagem fornece uma compreensão aprimorada dos conceitos de projetos e processos de engenharia. Isso é particularmente benéfico ao trabalhar com processos complexos, como entender sistemas, um hábito-chave, ou habilidade, da mente no campo da engenharia (HAMILTON *et al.*, 2008 *apud* LAMMI & DENSON, 2017). Os autores afirmam que “a modelagem interativa e proposital parece ser central para ajudar os estudantes em uma compreensão mais sofisticada de habilidades relevantes”.

O aprendizado prático é um conceito importante no projeto de engenharia e geralmente é realizado por meio de artefatos de modelagem. O aprendizado que ocorre nas atividades práticas é mais do que apenas procedimentos sobre os conhecimentos; os estudantes também podem se engajar na aprendizagem experiencial (KOLB, 2015).

Na literatura, existem quatro artefatos principais de modelagem produzidos durante o projeto de engenharia: conceitual, gráfico, matemático e de trabalho. O projeto de engenharia é um processo complexo que não se adequa bem ao ensino linear e processual (HOUSEHOLDER e HAILEY 2012 *apud* LAMMI & DENSON, 2017). Os diferentes modelos não precisam ser concluídos em nenhuma ordem. Muitos dos modelos estão sobrepostos, como por exemplo, o uso de modelos matemáticos durante a idealização para se testar se a ideia irá funcionar. Várias ferramentas de software facilitam a análise matemática de modelos gráficos. A seguir faremos uma breve descrição dos diferentes artefatos de modelagem. Embora os diferentes tipos de modelagem estejam listados em uma ordem consistente, não se deve presumir que o uso de artefatos de modelagem para ensinar projetos de engenharia deve seguir a mesma ordem linear.

#### **5.2.4.1. Modelo Conceitual**

A germinação e expressão das ideias e pensamentos iniciais de um projeto podem ser representadas como o modelo conceitual. Embora o termo “modelo conceitual” tenha definições distintas, este trabalho traz uma definição que está de acordo com a literatura educacional STEM (ASUNDA e HILL, 2007 *apud* LAMMI & DENSON, 2017). O desenvolvimento de um modelo conceitual é um exercício exploratório caracterizado por espontaneidade e pensamento fluido. Detalhes específicos geralmente não emergem deste modelo, que é o artefato da fase de idealização. O artefato é geralmente um esboço e pode conter vários conceitos produzidos para serem comparados. Exemplos incluem esboços, diagramas de blocos, mapas conceituais e layouts de circuitos. Apesar de decisões serem tomadas nesse momento, geralmente as decisões finais são tomadas em etapas posteriores, desta forma, pode haver uma grande flexibilidade no trabalho com um modelo conceitual, pois ainda não foram tomadas decisões para restringir o projeto (LAMMI & DENSON, 2017).

#### **5.2.4.2. Modelo Gráfico**

Um modelo gráfico é principalmente representacional. Esse modelo geralmente é compartilhado entre as equipes de projeto para solidificar os detalhes do projeto. O projeto assumirá dimensões e interfaces serão definidas. Nesse ponto do processo a viabilidade é frequentemente determinada. Portanto, este modelo contém dimensões, especificações claras e maior precisão. Este modelo pode ser denominado modelo de linhas rígidas, pois é mais concreto em sua forma. Um modelo gráfico é aquele que normalmente, nem sempre, é gerado com algum

tipo de software em computador. Isso permite a simulação e teste de transição para o modelo matemático (LAMMI & DENSON, 2017).

#### **5.2.4.3. Modelo Matemático**

Uma das principais diferenças entre o projeto técnico e o projeto de engenharia é a geração e análise de um modelo matemático (HAILEY et al. 2005 *apud* LAMMI & DENSON, 2017). O modelo matemático pode ser criado no início do processo em conjunto com o modelo conceitual. No entanto, a precisão, os detalhes e o rigor do modelo matemático geralmente melhoram com o tempo no processo de construção do projeto. O modelo matemático descreve como o projeto funcionará e permite análises preditivas, testes e simulações.

#### **5.2.4.4. Modelo de trabalho**

Quando o projeto se concretiza como um artefato "palpável", é um modelo de trabalho. No entanto, o artefato pode não ser físico ou materialmente tangível; no entanto, é um modelo de trabalho, na medida em que funciona de acordo com o projeto. Este modelo também é conhecido como modelo físico. O termo modelo de trabalho é usado porque um engenheiro nem sempre produz um artefato palpável, como por exemplo um sistema ou um processo (ABET 2016 *apud* LAMMI & DENSON, 2017).

### **5.3. Teoria da Aprendizagem Experiencial (TAE)**

O principal referencial teórico adotado para fundamentar a análise dos dados da presente pesquisa foi a teoria da aprendizagem experiencial de Kolb (2015). Formulada por David Kolb (1984), a teoria da aprendizagem experiencial atribui grande valor aos conhecimentos adquiridos por meio das experiências, com grande potencial para promover o desenvolvimento de habilidades quando esses conhecimentos podem ser confrontados, comparados, ampliados, revisados, refletidos com base em outros conhecimentos de caráter teórico (PIMENTEL, 2007). David Kolb desenvolve e relata seus fundamentos teóricos no livro *“Experiential Learning: experience as the source of development”*, publicado em 1984 e posteriormente, em uma segunda edição, em 2015. Em sua obra, o autor utiliza a visão de três grandes autores do campo da Educação – John Dewey, Kurt Lewin e Jean Piaget, para fundamentar o seu argumento de que a teoria da aprendizagem experiencial se coloca numa perspectiva integrada e holística que combina a experiência, a percepção, a cognição e o comportamento.

David Kolb é presidente da *Experience Based Learning Systems (EBLS)*, uma organização que ele fundou em 1980 para promover a pesquisa e a prática na aprendizagem experiencial. O *EBLS* realiza pesquisas básicas sobre a Teoria da Aprendizagem Experimental e desenvolveu muitos exercícios experimentais e instrumentos de autoavaliação, incluindo o mais recente Inventário de Estilo de Aprendizagem (IEA). O programa de pesquisa do *EBLS* sobre aprendizagem experiencial está em andamento em colaboração com uma rede internacional de pesquisadores, profissionais e parceiros de aprendizagem (KOLB, 2015, p. 12).

Na edição revisada de sua obra, publicada em 2015 o autor relata que se trata de uma declaração mais abrangente e atualizada da Teoria da Aprendizagem Experiencial (TAE), um trabalho que marca a peça central de sua carreira acadêmica de 50 anos. Como já havia descrito na 1ª edição em 1984, ele deixa claro que não criou a teoria da aprendizagem experiencial, mas a descobriu nos trabalhos de importantes estudiosos do século XX, que deram à experiência um papel central em suas teorias da aprendizagem e desenvolvimento humanos, especialmente John Dewey, Kurt Lewin, Jean Piaget, Lev Vygotsky, William James, Carl Jung, Paulo Freire, Carl Rogers e Mary Parker Follett (KOLB, 2015, p.13), considerados pelo autor como estudiosos fundamentais da aprendizagem experiencial.

Embora Kolb tenha dado muita atenção às origens da aprendizagem experiencial no construtivismo de Piaget, alguma atenção também foi dada ao sociointeracionismo de Vygotsky. Piaget se concentrou no processo de desenvolvimento cognitivo interno do indivíduo, enquanto Vygotsky se concentrou no contexto histórico, cultural e social dos indivíduos em interação, enfatizando as "ferramentas culturais" e orientando os membros da comunidade com mais conhecimento (KOLB, 2015, p. 53). Ele é mais conhecido por seu conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), um espaço de aprendizagem que promove a transição de uma etapa pedagógica, em que algo pode ser demonstrado com a ajuda de outro sujeito com mais conhecimento, para uma etapa especializada de desempenho independente. A ZDP é baseada em sua lei de internalização, em que as novas capacidades da criança começam no domínio interpessoal e são gradualmente transferidas para o domínio intrapessoal. O que é internalizado são "meios de mediação" ou ferramentas de cultura, das quais a mais importante é a linguagem. (VYGOTSKY, 1978 *apud* KOLB, 2015, p.53).

Os conceitos da ZDP, em articulação com a teoria da aprendizagem experiencial, foram de suma importância no desenvolvimento da presente pesquisa, particularmente durante a análise adotada no tratamento dos dados levantados por meio do questionário, cujo objetivo foi avaliar justamente a necessidade de mediação dos participantes na realização de algumas atividades específicas durante a construção dos modelos, e dessa forma, inferir sobre o desenvolvimento de habilidades dos mesmos, ou nos termos de Vygotsky, inferir sobre o nível de internalização dos “meios de mediação”, para realização dessas atividades.

### **5.3.1. O processo da aprendizagem experiencial**

A teoria da aprendizagem experiencial oferece uma visão fundamentalmente diferente do processo de aprendizagem na perspectiva das teorias behavioristas, baseadas em uma epistemologia empírica ou das teorias mais implícitas da aprendizagem que subjazem dos métodos educacionais tradicionais, métodos que na maioria das vezes se baseiam em uma epistemologia racional idealista. Dessa perspectiva diferente, surgem prescrições muito diferentes para conduta da educação; as relações apropriadas entre aprendizado, trabalho e outras atividades da vida; e a própria criação do conhecimento (KOLB, 2015, p.57).

Essa perspectiva sobre a aprendizagem é chamada de “experiencial” por duas razões. A primeira está associada a suas origens intelectuais na obra de Dewey, Lewin e Piaget. A segunda razão é enfatizar o papel central que a experiência desempenha no processo de aprendizagem. Isso diferencia a teoria da aprendizagem experiencial das teorias racionalistas e outras teorias cognitivas da aprendizagem que tendem a dar ênfase à aquisição, manipulação e recuperação de símbolos abstratos, e das teorias behavioristas da aprendizagem que negam qualquer papel para a consciência e a experiência subjetiva no processo de aprendizagem (KOLB, 2015, p.57).

O autor enfatiza que o objetivo de seu trabalho não é apresentar a teoria da aprendizagem experiencial como uma terceira alternativa às teorias da aprendizagem behavioristas e cognitivas, mas sugerir uma perspectiva integrativa holística da aprendizagem que combina experiência, percepção, cognição e comportamento.

### 5.3.2. O ciclo de aprendizagem experiencial

A teoria da aprendizagem experiencial é descrita como uma visão dinâmica da aprendizagem baseada em um ciclo de aprendizagem impulsionado pela resolução da dupla dialética ação / reflexão e concretude / abstração. A aprendizagem é definida como “o processo pelo qual o conhecimento é criado por meio da transformação da experiência” (KOLB e KOLB, 2013, p. 49).

O conhecimento resulta da combinação de apropriação das experiências e da transformação dessas experiências. Apropriar-se da experiência refere-se ao processo de captação de informações, e transformar a experiência é como as pessoas interpretam e agem com base nessas informações. O modelo de aprendizado da teoria da aprendizagem experiencial retrata dois modos dialeticamente relacionados à apropriação da experiência – experiência concreta (EC) e conceitualização abstrata (CA); e dois modos dialeticamente relacionados à transformação da experiência – observação reflexiva (OR) e experimentação ativa (EA) (KOLB, 2015, p.75, tradução nossa).

Ainda segundo o autor “a aprendizagem ocorre a partir da resolução da tensão criativa entre esses quatro modos de aprendizagem.”

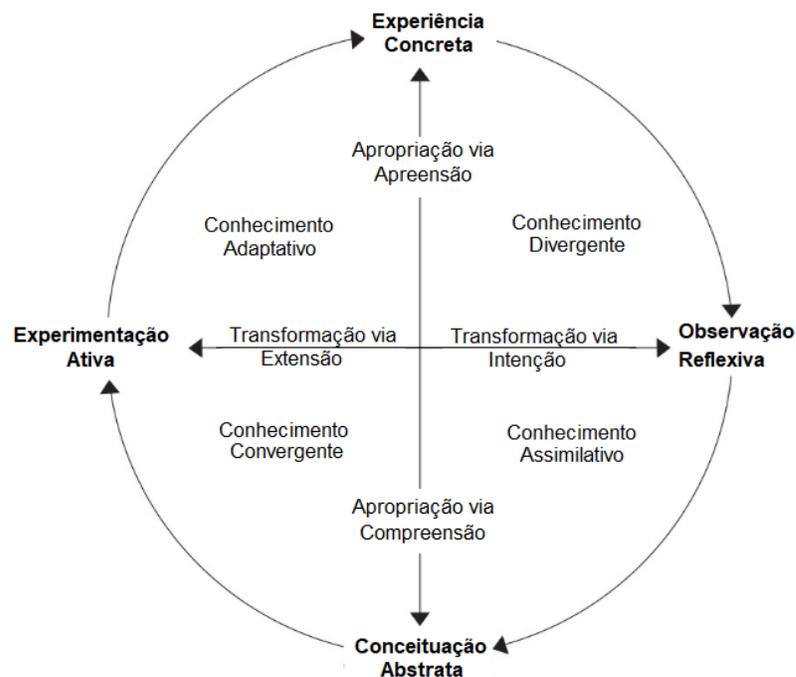
Esse processo é retratado como um ciclo, ou espiral, idealizado de aprendizagem, em que o aluno “toca todas as bases”, experiência (EC), reflexão (OR), pensamento (CA) e ação (EA), em um processo recursivo e sensível à situação de aprendizagem e o que está sendo aprendido. Experiências imediatas ou concretas são a base para observações e reflexões. Essas reflexões são assimiladas e destiladas em conceitos abstratos dos quais novas implicações para as ações podem ser extraídas. Essas implicações podem ser ativamente testadas e servir como guias na criação de novas experiências (KOLB, 2015, p. 76, tradução nossa).

Como o autor sugere, o processo de aprendizagem experiencial pode ser descrito como um ciclo de quatro estágios, envolvendo quatro modos de aprendizado, experiência concreta, observação reflexiva, conceitualização abstrata e experimentação ativa, onde EC/CA e OR/EA são duas dimensões distintas, cada uma representando duas orientações adaptativas dialeticamente opostas (KOLB, 2015, p.92) e a base da aprendizagem, como processo de transformação, está justamente na dinâmica entre esses quatro modos de aprendizagem;

As bases estruturais do processo de aprendizagem estão nas transições entre esses quatro modos adaptativos e na maneira como a dialética adaptativa é resolvida. A dialética abstrata/concreta é de apropriação, representando dois processos diferentes e opostos de se apropriar da experiência no mundo, seja por meio da confiança na interpretação conceitual e na representação simbólica, um processo que o autor chama de “compreensão”, ou por meio da confiança nas qualidades tangíveis e sentidas da experiência imediata, o que o autor chama de “apreensão”. Já a dialética ativa/reflexiva é de transformação, representando duas maneiras opostas de transformar essa compreensão ou "representação figurativa" da experiência, por meio da reflexão interna, um processo que o autor chama de “intenção” ou da “manipulação ativa do mundo externo”, chamada de “extensão” (KOLB, 2015, p.93, tradução nossa).

Com essa visão sobre a aprendizagem, onde essa é o processo pelo qual o conhecimento é criado por meio da transformação da experiência. O autor define que o conhecimento resulta da combinação da apropriação da experiência e da sua transformação (KOLB, 2015, p.94). A figura 3 mostra as dimensões estruturais subjacentes ao processo de aprendizagem experiencial e as formas de conhecimento básicas resultantes das relações entre essas estruturas.

**Figura 3** - Dimensões estruturais subjacentes ao processo de aprendizagem experiencial e as formas de conhecimentos básicos resultantes



Fonte: (KOLB, 2015, p.94, tradução nossa)

Como podemos ver na figura 3 são quatro formas elementares de conhecimentos resultantes dos processos de aprendizagem, apropriação e transformação, são eles o divergente, o assimilativo, o convergente e o adaptativo;

Como existem duas formas de apropriação dialeticamente opostas e duas maneiras opostas de transformar essa apropriação, o resultado são quatro formas elementares diferentes de conhecimento. A experiência apropriada pela apreensão e transformada pela intenção resulta no que será chamado conhecimento divergente; a experiência apropriada pela apreensão e transformada pela extensão resulta em conhecimento adaptativo; quando a experiência é apropriada pela compreensão e transformada pela intenção resulta em conhecimento assimilativo; e finalmente, quando a experiência é apropriada pela compreensão e transformada pela extensão, o resultado é conhecimento convergente. Essas formas elementares de conhecimento tornam-se os alicerces para níveis de conhecimento e desenvolvimentos mais avançados (KOLB, 2015, p.94, tradução nossa).

A ideia central do autor é que a aprendizagem e, portanto, o conhecimento, requerem uma compreensão ou representação figurativa da experiência e também alguma transformação dessa representação.

A compreensão figurativa ou a transformação operativa, por si só, não são suficientes, a simples percepção da experiência não é suficiente para configurar a aprendizagem. Da mesma forma, a transformação por si só não pode representar a aprendizagem, pois deve haver algo a ser transformado, algum estado ou experiência que está sendo exercida (KOLB, 2015, p.94, tradução nossa).

### **5.3.3. Individualidade na aprendizagem e o conceito de estilos de aprendizagem**

O modelo estrutural do processo de aprendizagem descrito até aqui é capaz de produzir uma rica variedade de processos de aprendizagem que variam amplamente em sutileza e complexidade. O modelo fornece os processos básicos de apropriação independentes de apreensão e compreensão, o mesmo vale para os processos de transformação de intenção e extensão. Além disso, apreensão e compreensão, bem como intenção e extensão, estão dialeticamente relacionadas entre si, de modo que sua síntese produz níveis mais altos de aprendizado. Assim, o processo de aprendizado em um dado momento pode ser governado por um ou todos esses processos interagindo simultaneamente (KOLB, 2015, p. 123).

Segundo o autor, o modelo estrutural de aprendizagem pode ser comparado a um instrumento musical e o processo de aprendizagem a uma partitura musical que descreve uma sucessão e uma combinação de notas tocadas no instrumento ao longo do tempo. As melodias e os temas de uma partitura formam padrões individuais distintos que ele chama de estilos de aprendizado.

Nessa analogia, Kolb (2015, p.124) sugere que o processo de aprendizagem não é idêntico para todos os seres humanos. Pelo contrário, parece que as estruturas fisiológicas que governam a aprendizagem permitem o surgimento de processos adaptativos individuais únicos que tendem a enfatizar algumas orientações adaptativas em detrimento de outras. Quando o assunto é visto de uma perspectiva evolutiva, parece haver boas razões para essa variabilidade e individualidade nos processos de aprendizado humano.

A individualidade humana não resulta apenas de desvios aleatórios de um único modelo normativo; é um ajuste positivo e adaptativo da espécie humana. Se há pressões evolutivas em direção à “sobrevivência dos mais aptos” na espécie humana, elas se aplicam não aos indivíduos, mas à comunidade humana como um todo. A sobrevivência depende não da evolução de uma raça

de super-homens idênticos, mas do surgimento de uma comunidade humana cooperativa que valoriza e utiliza a singularidade individual (LEVY, 1980 *apud* KOLB, 2015, p. 124).

Ainda segundo o autor a estrutura complexa da aprendizagem permite o surgimento de estruturas individuais únicas de processamento de possibilidades ou estilos de aprendizagem. Por meio de suas escolhas de experiências, as pessoas se programam para compreender a realidade a partir de vários graus de ênfase na apreensão ou compreensão. Da mesma forma, eles se programam para transformar essas apropriações via extensão e/ou intenção. Essa autoprogramação condicionada pela experiência determina até que ponto a pessoa enfatiza os quatro modos do processo de aprendizado: experiência concreta, observação reflexiva, conceitualização abstrata e experimentação ativa.

#### **5.3.3.1. Inventário do estilo de aprendizagem**

O Inventário de Estilo de Aprendizagem (IEA) foi projetado para medir o grau em que os indivíduos exibem os diferentes estilos de aprendizagens derivados da teoria da aprendizagem experiencial. A forma do inventário é determinada por três parâmetros de projeto. Primeiro, o teste é breve e direto, o que o torna útil tanto para a pesquisa quanto para discutir o processo de aprendizagem com indivíduos, fornecendo *feedbacks*. Em segundo lugar, o teste é construído de forma que os indivíduos respondam a ele como eles responderiam a uma situação de aprendizagem: requer que eles resolvam as tensões entre o abstrato-concreto e orientações entre ativo-reflexivo. Por este motivo, o formato do IEA exige que eles classifiquem suas preferências para orientações abstratas, concretas, ativas e reflexivas. Terceiro, e mais obviamente, espera-se que as medidas dos estilos de aprendizagem reflitam o comportamento de uma forma consistente com a teoria da aprendizagem experiencial (KOLB e KOLB, 2005).

Todas as versões do IEA tiveram o mesmo formato, um pequeno questionário (9 itens para o IEA 1 e 12 itens para as versões subsequentes) que pede aos entrevistados para classificar quatro terminações de frase que correspondem aos quatro modos de aprendizagem: o da experiência concreta, experimentando; o da observação reflexiva, refletindo; o da conceitualização abstrata, pensando; e o da experimentação ativa, fazendo.

O formato do IEA é um formato de escolha forçada que classifica as preferências de escolha relativa de um indivíduo entre os quatro modos do ciclo de aprendizagem. Isso contrasta com o

formato normativo mais comum, ou de livre escolha, como a escala *Likert* amplamente utilizada, que avalia preferências absolutas em dimensões independentes. O formato de escolha forçada do IEA foi ditado pela teoria da aprendizagem experiencial e pelo objetivo principal do instrumento (KOLB e KOLB, 2005).

A TAE é uma teoria de aprendizagem holística, dinâmica e dialética. Por ser holístico, os quatro modos que compõem os ciclos de aprendizagem experiencial EC, OR, CA e EA, são concebidos como interdependentes. Aprender envolve resolver a tensão criativa entre esses modos de aprendizagem em resposta à situação específica de aprendizagem. Dessa forma, as dimensões de apropriação, CA-EC, e de transformação, EA-OR, estão dialeticamente relacionadas. A escolha de um polo envolve não escolher o polo oposto. Portanto, como a TAE postula que a aprendizagem em situações da vida requer a resolução de conflitos entre modos de aprendizagem interdependentes, para serem válidos, o processo de avaliação do estilo de aprendizagem deve exigir um processo de resolução de conflito na escolha de uma abordagem de aprendizagem preferida (KOLB e KOLB, 2005).

A TAE define o estilo de aprendizagem não como um traço fixo, mas como um estado dinâmico decorrente da resolução preferencial de um indivíduo da dialética dual de experimentar / conceituar e agir / refletir.

A estabilidade e resistência de esses estados em indivíduos não vêm apenas de qualidades genéticas fixas ou características de seres humanos, ele vem também das demandas fixas e estáveis das circunstâncias ambientais. Em vez disso, padrões estáveis e duradouros de individualidade humana surgem de padrões consistentes da relação entre o indivíduo e seu ambiente. A maneira como processamos as possibilidades de cada novo evento emergente determina a gama de escolhas e decisões que vemos. As escolhas e decisões que tomamos, até certo ponto, determinam os eventos pelos quais vivemos, e os eventos influenciam nossas escolhas futuras. Assim, as pessoas criam a si mesmas por meio da escolha das ocasiões reais em que vivem. (KOLB, 2015, p. 63-64).

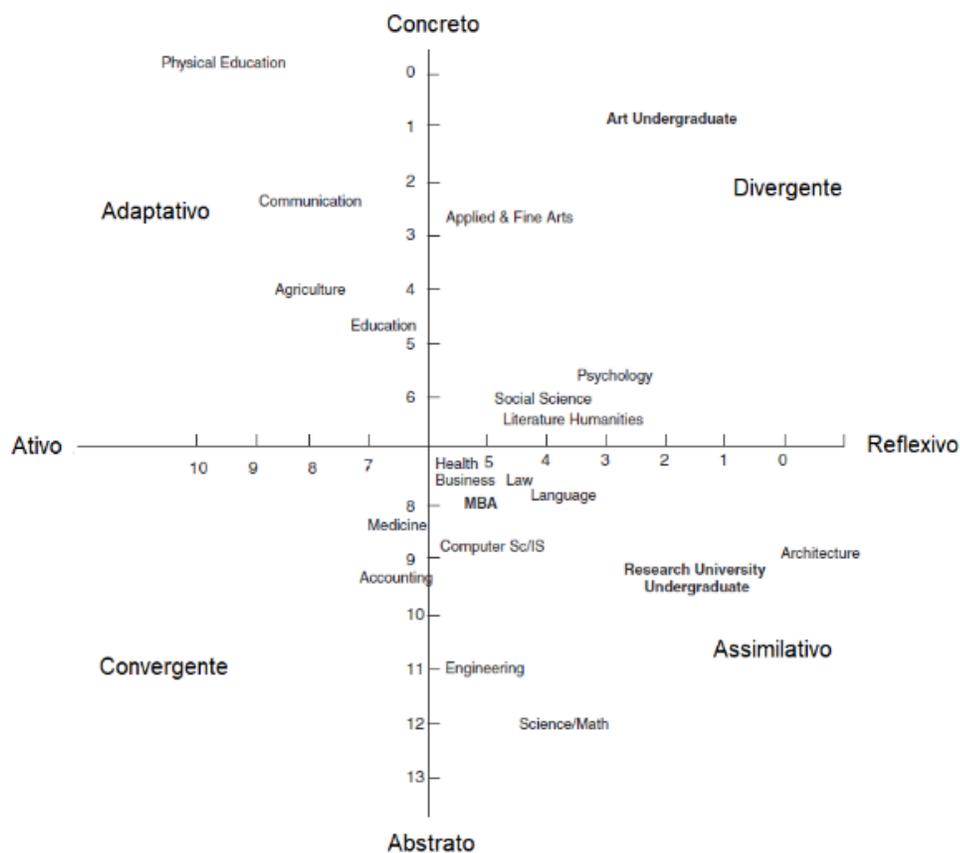
#### **5.3.3.2. Características das escalas do Inventário de Estilos de Aprendizagem**

O IEA avalia seis variáveis: quatro pontuações primárias interdependentes, que medem a ênfase relativa de um indivíduo nas quatro orientações de aprendizagem – experiência concreta (EC), observação reflexiva (OR), conceituação abstrata (CA) e experimentação ativa (EA), e duas pontuações de combinações independentes, que medem a preferência de um indivíduo por abstração sobre concretude (CA-EC) e ação sobre reflexão (EA-OR) (KOLB e KOLB, 2005).

A independência das duas pontuações de combinação pode ser vista examinando alguns exemplos de resultados de pontuação. Quando CA-EC ou EA-OR em um determinado item assume um valor de +2 (digamos, CA = 4 e EC = 2, ou CA = 3 e EC = 1), a outra pontuação pode assumir um valor de +2 ou -2. Da mesma forma, quando qualquer pontuação tem um valor de +1 (de 4-3, 3-2, ou 2-1), o outro pode assumir os valores de +3, +1, -1 ou -3. Em outras palavras, quando CA-EC assume um determinado valor, EA-OR pode assumir de dois a quatro valores diferentes, e a pontuação em uma dimensão não determina a pontuação na outra (KOLB e KOLB, 2005).

Os quatro tipos básicos de estilo de aprendizagem – adaptativo, divergente, assimilativo e convergente, são criados dividindo-se as pontuações CA-EC e EA-OR na média da distribuição de frequências do grupo de normalização total, usado para “calibrar” o IEA (KOLB e KOLB, 2005). Fazendo isso para o grupo de normalização do IEA 3.1 o ponto de corte para a escala CA-EC é +7, e o ponto de corte para a escala EA-OR é +6. O tipo adaptativo é definido por uma pontuação bruta CA-EC menor ou igual 7 e uma pontuação EA-OR maior ou igual 7, o tipo divergente por CA-EC menor ou igual 7 e EA-OR menor ou igual a 6, o tipo convergente por CA-EC maior ou igual a 8 e EA-OR maior ou igual a 7, e o tipo assimilativo por CA-EC maior ou igual a 8 e EA-OR menor ou igual a 6 (KOLB e KOLB, 2005). A figura 5 ilustra melhor esses limites de valores para definição dos estilos de aprendizagem.

**Figura 4** - Grade de estilos de aprendizagem com diferentes grupos



Fonte: (KOLB e KOLB, 2005)

A figura 5 mostra os resultados da amostra normativa de usuários on-line do inventário de estilos de aprendizagem de Kolb 3.1 (KOLB e KOLB, 2005). Ela representa as pontuações médias em CA-EC e EA-OR para entrevistados de diferentes grupos de especializações educacionais. (KOLB e KOLB, 2005).

### 5.3.3.3. Características dos estilos básicos de aprendizagem

O estilo de aprendizagem convergente se baseia principalmente nas habilidades dominantes de aprendizado da conceitualização abstrata e da experimentação ativa. A maior força dessa abordagem está na resolução de problemas, tomada de decisão e aplicação prática de ideias. Nesse estilo de aprendizagem, o conhecimento é organizado de tal maneira que, por meio do raciocínio hipotético-dedutivo, possa ser focado em problemas específicos. A pesquisa de Hudson (1966) *apud* Kolb (2015, p.140) sobre os que possuem esse estilo de aprendizagem mostra que as pessoas

convergentes são emocionalmente controladas. Eles preferem lidar com tarefas e problemas técnicos, em vez de questões sociais e interpessoais.

O estilo de aprendizagem divergente tem pontos opostos à convergência, enfatiza a experiência concreta e a observação reflexiva. A maior força dessa orientação reside na capacidade imaginativa e na consciência de significado e valores. A principal capacidade adaptativa da divergência é visualizar situações concretas de muitas perspectivas. A ênfase nessa orientação está na adaptação pela observação e não pela ação. Esse estilo é chamado de divergente porque uma pessoa desse tipo tem um desempenho melhor em situações que exigem geração de ideias e implicações alternativas, como uma sessão de ideias para "brainstorming". Aqueles orientados para a divergência estão interessados nas pessoas e tendem a ser imaginativos e orientados ao sentimento (KOLB, 2015, p.140).

Na assimilação, as habilidades dominantes de aprendizagem são a conceitualização abstrata e a observação reflexiva. A maior força dessa orientação reside no raciocínio indutivo e na capacidade de criar modelos teóricos, ao assimilar observações díspares em uma explicação integrada (GROCHOW, 1973 *apud* KOLB, 2015, p.141). Como na convergência, essa orientação é menos focada nas pessoas e mais preocupada com ideias e conceitos abstratos. As ideias, no entanto, são julgadas menos nessa orientação por seu valor prático. Aqui, é mais importante que a teoria seja logicamente sólida e precisa.

O estilo de aprendizagem adaptativo tem aspectos opostos à assimilação, enfatizando a experiência concreta e a experimentação ativa. A maior força dessa orientação reside em fazer as coisas, realizar planos e tarefas e envolver-se em novas experiências. A ênfase adaptativa dessa orientação está na busca de oportunidades, na tomada de riscos e na ação. Esse estilo é chamado de adaptativo, porque é mais adequado para situações em que é preciso se adaptar às mudanças nas circunstâncias imediatas. Nas situações em que a teoria ou os planos não se encaixam nos fatos, aqueles com estilo adaptativo provavelmente descartarão o plano ou a teoria. Pessoas com orientação adaptativa tendem a resolver problemas de maneira intuitiva por tentativa e erro, confiando fortemente em outras pessoas para obter informações, e não por sua própria capacidade analítica (STABELL, 1973 *apud* KOLB, 2015, p.141). Aqueles com estilo de aprendizagem adaptativo ficam à vontade com as pessoas, mas às vezes são vistos como impacientes e insistentes.

#### **5.3.3.4. Fatores que moldam o estilo de aprendizagem**

Os padrões de comportamento associados aos quatro estilos básicos de aprendizagem são moldados por transações entre pessoas e seu ambiente em cinco níveis diferentes: personalidade, especialização educacional, carreira profissional, emprego atual e competências adaptativas (KOLB e KOLB, 2005). Segundo os autores, embora alguns tenham interpretado o estilo de aprendizagem como uma variável de personalidade, a TAE define o estilo de aprendizagem como um conceito psicológico social que é apenas parcialmente determinado pela personalidade. A personalidade exerce uma influência pequena, mas abrangente, em quase todas as situações; mas o estilo de aprendizagem também é influenciado por demandas ambientais cada vez mais específicas de especialização educacional, carreira, habilidades de trabalho e tarefas.

#### **5.3.3.5. Competências Adaptativas**

Uma das forças que moldam o estilo de aprendizagem é a tarefa ou problema específico em que a pessoa está trabalhando no momento. Cada tarefa que enfrentamos requer um conjunto correspondente de habilidades para um desempenho eficaz. A correspondência entre as demandas das tarefas e as habilidades pessoais resulta em uma competência adaptativa. O estilo de aprendizagem divergente está associado à habilidades de valorização, como relacionamento, ajuda aos outros e criação de sentido; o estilo de aprendizagem assimilativo está relacionado às habilidades de pensamento, como coleta de informações, análise de informações e construção de teorias; o estilo de aprendizagem convergente está associado a habilidades de decisão como análise quantitativa, uso de tecnologia e definição de metas; e por fim, o estilo de aprendizagem adaptativo engloba um conjunto de competências que podem ser melhor chamadas de habilidades de atuação: liderança, iniciativa e ação. (KOLB e KOLB, 2005).

## **6. METODOLOGIA.**

Nesta seção apresentaremos os procedimentos metodológicos para a realização da investigação proposta neste estudo, organizados em seis subseções: (i) caracterização da pesquisa, (ii) contexto e local da pesquisa, (iii) participantes da pesquisa, (iv) etapas e desenho de pesquisa, (v) análise dos dados e (vi) cuidados éticos.

### **6.1. Caracterização da pesquisa**

A partir do objetivo geral proposto – *compreender o processo de aprendizagem mediado por atividades de modelagem, desenvolvidas no contexto da Educação Profissional Técnica de Nível Médio, e a sua relação com o desenvolvimento de habilidades*, definimos como abordagem a pesquisa qualitativa com objetivos exploratórios e explicativos.

Buscamos compreender melhor o processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades mediado pela atividade de modelagem, o que justifica o uso da abordagem qualitativa, pois tal abordagem caracteriza-se, entre outros aspectos, pelo contato direto do pesquisador com os procedimentos de obtenção dos dados, pela ênfase no processo mais do que no produto e pela preocupação em considerar os fenômenos na perspectiva dos sujeitos participantes (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 111).

No que se refere ao caráter exploratório da investigação, esse tipo de pesquisa busca proporcionar maior familiaridade com o problema investigado, de forma a esclarecer fenômenos, no nosso caso, relacionados à aprendizagem e ao desenvolvimento de habilidades, possibilitando a formulação de outras questões acerca do problema em estudos posteriores (GIL, 2002, p. 41). Também buscamos identificar os fatores que influenciam, determinam ou contribuem com os fenômenos aqui estudado e por esse motivo consideramos que essa pesquisa também apresenta caráter explicativo.

### **6.2. Contexto e local da pesquisa**

A pesquisa foi realizada no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), campus de Belo Horizonte, onde ocorreu, entre os dias 21 e 25 de outubro de 2019, a 29ª Mostra Específica de Trabalhos e Aplicações (META), uma feira de Ciência e Tecnologia na qual mais de 100 grupos de estudantes da Educação Profissional Técnica de Nível Médio, de diferentes cursos técnicos, e do Ensino Superior, de diferentes cursos de Engenharia, apresentaram

trabalhos de caráter científico e tecnológico. Os trabalhos apresentados foram inscritos em quatro categorias: Modelos Didáticos, Processo e Produto, Ciências e Inovação Tecnológica, Ciências e Sociedade.

### **6.3. Participantes da pesquisa**

Definimos como participantes da pesquisa estudantes da EPTNM que desenvolveram trabalhos para apresentação na META 2019. A seleção dos estudantes foi realizada a partir da relação dos trabalhos inscritos no evento, considerando as características dos trabalhos desenvolvidos por eles. Estudantes que fizeram trabalhos inscritos na modalidade Modelos Didáticos ou trabalhos de outra modalidade, mas que utilizaram modelos para a apresentação no evento, foram selecionados para a realização do estudo.

Dos 123 trabalhos aprovados para apresentação na META 2019, tivemos acesso a 21 trabalhos caracterizados como modelagem científica. Entre esses 21 trabalhos, identificamos 73 estudantes como potenciais participantes da pesquisa.

Ressaltamos que o contato com os estudantes para a realização da presente pesquisa ocorreu somente após a aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CEFET-MG.

### **6.4. Etapas e desenho da pesquisa**

Dividimos a pesquisa em cinco etapas, que foram estabelecidas a partir de seus objetivos.

**Etapa 1:** Levantamento de dados bibliográficos em relação à modelagem científica como atividade de ensino e aprendizagem, sobre o desenvolvimento de habilidades e sobre a aprendizagem experiencial, por meio de pesquisa bibliográfica.

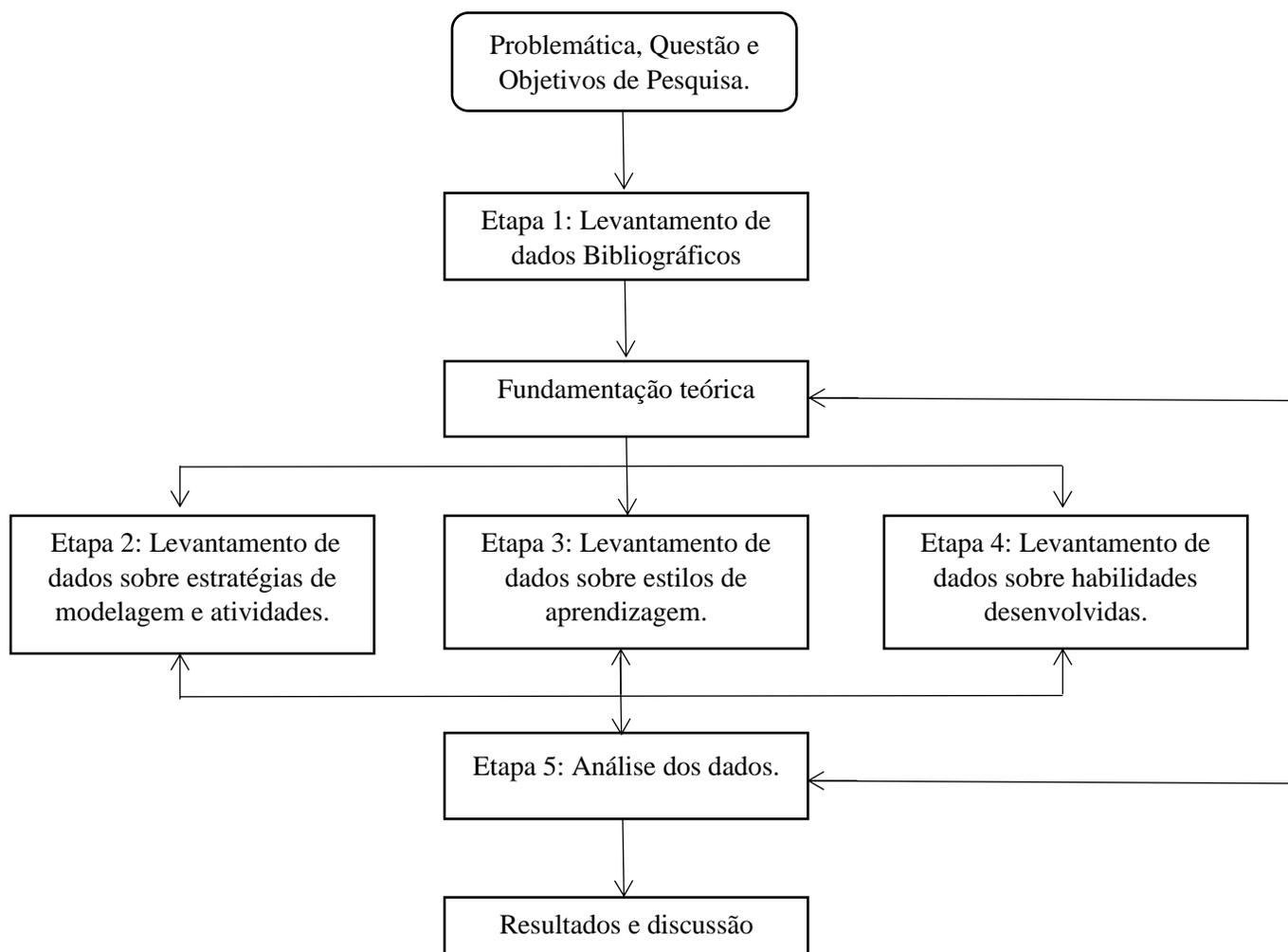
**Etapa 2:** Levantamento de dados empíricos relativos aos tipos de modelos, as estratégias de modelagem e as atividades desenvolvidas pelos estudantes durante construção dos modelos por meio dos diários de bordo e das entrevistas.

**Etapa 3:** Levantamento de dados empíricos sobre o estilo de aprendizagem dos participantes por meio do preenchimento do Inventário de Estilos de Aprendizagem 3.1 (KOLB e KOLB, 2005)

**Etapa 4:** Levantamento de dados empíricos sobre as habilidades usadas potencialmente desenvolvidas ao longo das atividades de construção dos modelos, por meio dos diários de bordo, das entrevistas e do preenchimento do questionário para levantamento da necessidade de mediação dos participantes nas atividades durante a construção dos modelos.

**Etapa 5:** Análise dos dados à luz da teoria da aprendizagem experiencial, a fim de identificar os tipos de aprendizagens e habilidades desenvolvidas ao longo das atividades de construção dos modelos, além de estabelecer relações entre os tipos de modelos, as estratégias de modelagem, os estilos de aprendizagem dos participantes e as habilidades usadas e desenvolvidas por eles durante a construção dos modelos. A figura 6 mostra o desenho da pesquisa com suas etapas.

**Figura 5 - Desenho da pesquisa**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## **6.5. Coleta e análise dos dados**

Nos dias 21 e 22 de outubro de 2019 realizamos visitas à feira de Ciências e Tecnologia já mencionada, a META, com os objetivos de: ver os modelos, fazer o registro fotográfico dos mesmos e realizar um primeiro contato com os participantes da pesquisa, para que em ocasião oportuna pudéssemos solicitá-los os diários de bordo. Posteriormente, já em 2020, após a aprovação do projeto de pesquisa no CEP, realizamos entrevistas semiestruturadas com os participantes e solicitamos aos mesmos que respondessem um questionário. As questões da entrevista e do questionário serão apresentadas na seção de resultados e discussão.

Com base nos objetivos da pesquisa e a partir dos dados coletados por meio do estudo bibliográfico, da leitura dos diários de bordo, das entrevistas e dos questionários, definimos a técnica da análise de conteúdo como o principal método para realizarmos a análise dos dados.

Conforme Ferreira e Loguecio (2014), a análise de conteúdo relaciona-se com a manipulação do texto, interpretando-o com o objetivo de inferir os sentidos que extrapolam o seu conteúdo objetivo, indo além do que está nas manifestações informadas, identificando elementos subjetivos oriundos das condições de produção/recepção do conteúdo e das condições de produção da análise. Neste sentido, Sampieri, Collado e Lúcio (2013, p. 441) afirmam que essa técnica é adequada quando o problema de pesquisa é de difícil observação, por ética ou complexidade, permitindo a identificação de diferentes percepções e descrição dos fenômenos.

Segundo Bardin (1977, p. 96), as três fases da análise de conteúdo são: 1ª) pré-análise; 2ª) exploração do material; e 3ª) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A análise de conteúdo categorial trata do desmembramento das falas em categorias, baseadas na investigação dos temas relacionados com o objetivo de pesquisa e identificados no discurso dos sujeitos pesquisados.

### **6.5.1. Método de análise dos diários de bordo e das entrevistas**

Para análise dos diários de bordo adotamos o método da análise de conteúdo categorial temática (BARDIN, 1977, p.153) a partir das unidades de registro contidas nesses diários que possibilitaram a identificação das atividades realizadas pelos participantes durante a construção dos modelos.

No caso dos diários de bordo, a unidade de contexto adotada foi o relato de cada um dos dias presentes nos diários e a unidade de registro se constituiu nos fragmentos desses relatos que possibilitaram a identificação das atividades realizadas no dia. A figura 7 mostra um exemplo de unidade de contexto e unidade de registro retirada de um dos diários de bordo para a realização da análise.

**Figura 6:** Exemplo de unidade de contexto e unidade de registro dos diários de bordo

Unidade de Contexto	
<u>Dia 07/12/2018</u>	
<u>Integrantes presentes:</u> ██████████	
<u>Material necessário:</u> Computador pessoal.	Unidade de Registro
<u>O que foi trabalhado:</u> Neste encontro foram estudados conceitos básicos para auxiliarem na próxima etapa do projeto: criar um modelo para identificação de um objeto de interesse específico, que no caso é um biscoito.	
<u>Problemas:</u> ---	
<u>Resultados:</u> Foram obtidos conhecimentos e técnicas utilizadas em redes neurais convolucionais, o que são estas e o que é o ato da convolução.	

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de um dos diários de bordo

Já no caso das entrevistas, as unidades de contexto foram as respostas dos participantes a cada uma das questões e as unidades de registro foram os fragmentos das respostas que possibilitaram a identificação das atividades realizadas por eles durante o desenvolvimento dos modelos.

O tema que definiu as unidades de registro foram os fragmentos dos diários, ou das respostas às entrevistas, que continham afirmações acerca das atividades realizadas pelos participantes durante a construção dos modelos.

Segundo Bardin (1977, p.105), a noção de tema, largamente utilizada em análise temática, é característica da análise de conteúdo, sendo:

[...] uma afirmação acerca de um assunto. Quer dizer, uma frase, ou uma frase composta, habitualmente um resumo ou uma frase condensada, por influência da qual pode ser afetado um vasto conjunto de formulações singulares. Na verdade, o tema é a unidade de significação que se liberta naturalmente de um texto analisado segundo certos critérios relativos à teoria que serve de guia à leitura. O texto pode ser recortado em ideias constituintes, em enunciados e em proposições portadores de significações isoláveis.

Além da análise temática, também adotamos a análise de enunciação para analisar os diários de bordo, particularmente quando analisamos a influência do estilo de aprendizagem individual dos participantes na aprendizagem desenvolvida por eles durante a construção dos modelos.

Segundo Bardin (1977, p. 105), a análise temática é transversal, isto é, “recorta o conjunto das entrevistas por meio de uma grelha de categorias projetada sobre os conteúdos”. Não se tem em conta a dinâmica e a organização, mas a frequência dos temas extraídos do conjunto dos discursos, considerados como dados segmentáveis e comparáveis, já na análise da enunciação cada entrevista ou registro documental é estudado em si mesmo como uma totalidade organizada e singular. “Trata-se do estudo dos casos. A dinâmica própria de cada produção é analisada e os diferentes indicadores adaptam-se à irredutibilidade de cada locutor”.

### **6.5.2. Categorias de análise dos diários de bordo e das entrevistas**

As categorias de análise criadas para análise dos diários de bordo e das entrevistas foram baseadas na TAE. Foram oito categorias no total, quatro relacionadas aos modos de apropriação e a transformação das experiências; experiência concreta, observação reflexiva, conceituação abstrata e experimentação ativa, e outras quatro categorias relacionadas aos tipos de aprendizagens definidos na TAE: divergente, assimilativa, convergente e adaptativa.

Essas categorias foram criadas com o objetivo de relacionar e caracterizar as atividades realizadas pelos participantes durante o desenvolvimento dos modelos em função dos conceitos da TAE e, dessa forma, contribuir para construção de uma compressão sobre o processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades desses participantes durante essas atividades de construção dos modelos.

Essas categorias de análise foram criadas pensando no 3º objetivo específico da pesquisa: *analisar a provável relação pedagógica entre o desenvolvimento de habilidades e o engajamento de estudantes da EPTNM em atividades de aprendizagem fundamentadas em modelagem, realizadas no contexto de uma feira de Ciência e Tecnologia.*

### **6.5.3. Método de análise dos questionários**

As análises realizadas por meio dos dados coletados nas entrevistas e nos diários de bordo nos permitiu, entre outras coisas, identificar as principais atividades realizadas pelos estudantes durante os processos de construção dos modelos. Para executar essas atividades eles precisaram

fazer uso e desenvolver habilidades específicas, ou nos termos da TAE, fazer uso e desenvolver habilidades que compõem as competências adaptativas relacionadas a essas atividades.

A partir daí, solicitamos aos participantes da pesquisa que respondessem a um questionário que teve como objetivo avaliar a ocorrência do desenvolvimento dessas habilidades por meio da análise da necessidade de mediação deles durante a execução das atividades no desenvolvimento dos modelos. Essa análise encontra sustentação nos conceitos da zona de desenvolvimento proximal (ZDP) de Vygotsky, citado como um dos estudiosos fundamentais da aprendizagem experiencial. Na construção teórica da ZDP, Vygotsky define dois conceitos importantes para a nossa análise, são eles: 1º) o conceito de desenvolvimento potencial, que é aquilo que o indivíduo consegue fazer com mediação, e 2º) o conceito de desenvolvimento real, que é aquilo que o indivíduo consegue fazer sem a necessidade de mediação externa (VYGOTSKY, 1978 *apud* KOLB, 2015, p.53). Ainda segundo o autor o “espaço” entre o desenvolvimento potencial e o desenvolvimento real é o que ele chama de zona de desenvolvimento proximal, que é onde ocorre a aprendizagem e o desenvolvimento. A partir desses conceitos podemos entender que, se existe uma redução perceptível na necessidade de mediação, existe também um desenvolvimento de habilidades perceptível na execução de uma atividade específica.

Nesse sentido, definimos 14 atividades específicas para avaliarmos o desenvolvimento de habilidades, sendo 7 ligadas às aprendizagens divergentes e assimilativas, associadas a realização da pesquisa teórica para construção dos modelos e outras 7 atividades ligadas às aprendizagens convergentes e adaptativas, fortemente associadas as etapas de implementação e montagem dos modelos. Essas atividades foram definidas a partir dos resultados das análises realizadas nos diários de bordo.

As 7 atividades divergentes e assimilativas foram: 1) fazer buscas de materiais bibliográficos, usando bases como google acadêmico, IEEE, Scielo, entre outras; 2) organizar material bibliográfico; 3) assimilar conceitos e teorias; 4) coletar dados em campo, usando formulário, questionário ou entrevista; 5) realizar análise de dados usando algum método científico; 6) escrever e formatar textos de acordo com normas acadêmicas; 7) usar ferramentas computacionais como Word, Excel, Power Point.

Já as 7 atividades convergentes e adaptativas foram: 1) aplicar conceitos e teorias compreendidas em uma situação real, realizando cálculos, por exemplo; 2) fazer programas,

criando algoritmos digitais; 3) fazer desenhos de projetos, usando alguma ferramenta de CAD como Auto CAD, Protheus, entre outras; 4) usar alguma ferramenta de simulação computacional como MatLab, Oring, Protheus, entre outras; 5) usar algum instrumento de medição, como multímetro, pHmetro, trena, entre outros; 6) realizar algum teste ou ensaio específico; 7) realizar trabalhos com ferramentas manuais, como corte, costura, colagem, marcenaria, serralheria, montagem de circuitos, entre outros.

Para compor o questionário, elaboramos duas questões para cada uma dessas atividades. Uma para identificar qual era o nível de mediação necessária para a execução da atividade quando o estudante começou a realizá-la, e outra para identificar qual era esse nível de mediação quando ele terminou de realizar essa atividade durante desenvolvimento do modelo. Dessa forma, podemos comparar a necessidade de mediação nos dois estágios e inferir sobre o desenvolvimento de habilidades dos participantes nessas atividades.

Nas opções de respostas ao questionário definimos uma escala de 1 a 5 para que os participantes pudessem declarar a sua necessidade de mediação ao executarem as atividades, sendo: (1) nenhuma, (2) pouca, (3) média, (4) muita e (5) extrema. Além disso, ao final de cada questão os participantes tiveram a opção de fazer um relato, por escrito, para explicar as suas opções de respostas.

Os participantes respondentes desse questionário foram os estudantes que realizaram a construção dos modelos, logo, esses dados foram coletados a partir da fala dos estudantes. Na formulação das questões apresentadas aos participantes substituímos o termo “mediação”, pelos termos “ajuda ou consulta” para tornar as questões mais claras e menos sujeitas a diferentes interpretações.

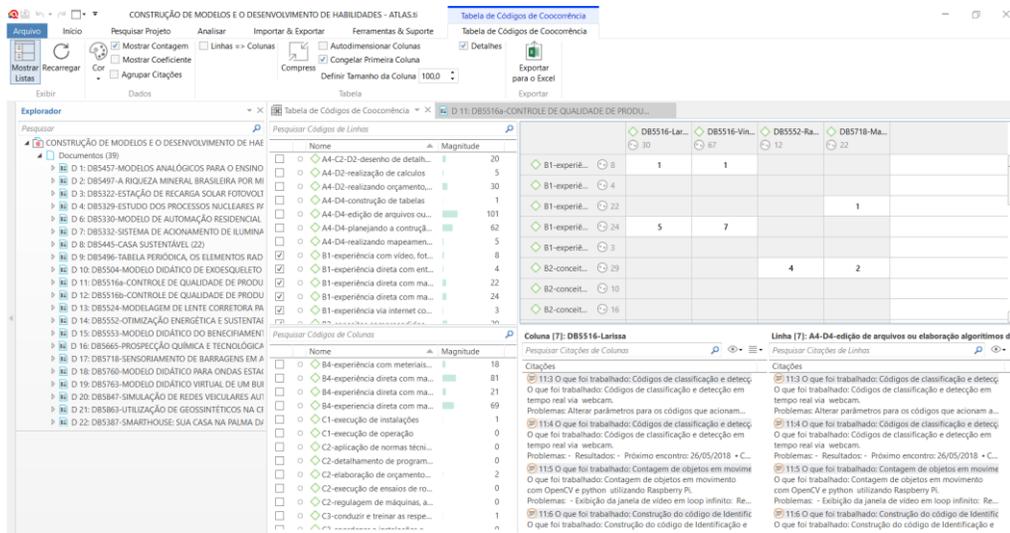
Apresentamos os dados de frequência percentual das respostas relativas ao nível de necessidade de mediação relatada pelos participantes na forma de histograma e também na forma de curva normal de densidade de probabilidade. Apesar da curva normal ter sido usada apenas para uma melhor visualização do deslocamento da média da distribuição de frequências, realizamos o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (LILLIEFORS, 1967) para verificar se os dados não se diferenciavam significativamente de uma distribuição normal. O deslocamento na média da distribuição de frequências indica uma mudança na necessidade de mediação dos estudantes ao

término das atividades em relação ao início dessas atividades. Caso a necessidade de mediação diminua podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível.

### 6.5.4. Ferramenta usada no tratamento dos dados

Para auxiliar a análise de conteúdo realizada por meio dos diários de bordo e das entrevistas adotamos um software para análise de dados qualitativos, o ATLAS.ti® v.8. Essa ferramenta nos permitiu lidar com um grande conjunto de documentos e transcrições, codificar e categorizar grandes volumes de unidades de registro, realizar comparações entre documentos e tipos específicos de modelos e, dessa forma, não só contribuiu para o desenvolvimento da pesquisa, mas também viabilizou análises e inferências mais precisas e confiáveis. A figura 8 mostra a tela do ambiente de trabalhos do software.

**Figura 7 -** Tela do ambiente de trabalho do ATLAS.ti® v.8



**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir do registro fotográfico da área de trabalho do *software*

O *software* permite reunir num mesmo arquivo de projeto todos os documentos da pesquisa, realizar a codificação e o agrupamento dos códigos em categorias para uma posterior tabulação dos resultados com exportação para um arquivo no formato MS Excel®, o que viabilizou o tratamento dos dados e a construção de tabelas e gráficos para apresentação.

### 6.6. Cuidados éticos

Considerando o respeito pela dignidade humana e pela especial proteção devida a todos os participantes da pesquisa, esta pesquisa foi cadastrada na Plataforma Brasil para apreciação e

avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do CEFET-MG. Reconhecemos que essa pesquisa envolve a participação de seres humanos e, por isso, firmamos o compromisso de realizá-la somente após o parecer favorável do projeto pelo CEP.

Dessa forma, para a execução da presente pesquisa, alguns procedimentos éticos foram considerados, como: assegurar a todos os participantes da pesquisa esclarecimentos acerca da mesma e, ainda, dar a garantia de que os mesmos poderiam retirar seu consentimento de participação na pesquisa a qualquer momento. Além disso, foi garantido sigilo de identidade dos participantes no momento da divulgação dos resultados do estudo. Para tanto, utilizamos o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – Apêndice A), destinado aos responsáveis legais pelos estudantes, que foi entregue a esses responsáveis, em mãos, posteriormente a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CEFET-MG, e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE – Apêndice B), destinado aos estudantes convidados como participantes, que foi entregue a esses, também posteriormente a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CEFET-MG e após a assinatura do TCLE pelos seus responsáveis legais, no caso dos menores de 18 anos.

Reconhecemos que existiam riscos para os estudantes da EPTNM em decorrência da participação na pesquisa, mas que esses riscos foram mínimos, restringindo-se a: dano físico ao material recolhido, perda, extravio ou consulta por terceiros não autorizada (2ª etapa); possível cansaço ao longo da entrevista, inibição, angústia ou constrangimento ao participar da entrevista, decorrente do uso de equipamentos de registro ou do desconforto em responder alguma pergunta (3ª e 4ª etapa).

Como ação mitigadora dos riscos apontados para a 2ª etapa, somente o pesquisador e o orientador tiveram acesso aos diários de bordo que permaneceram guardados em armário com chave, de acesso exclusivo dos pesquisadores responsáveis (o mestrando e o orientador), no gabinete do professor orientador, localizado no prédio 07 do campus 2 do CEFET-MG.

Como ação mitigadora dos riscos apontados para a 3ª e 4ª etapas, o pesquisador se comprometeu a proceder uma escuta atenta às reações e emoções manifestadas pelo estudante durante a entrevista, de forma a interrompê-la em caso de qualquer sinal de angústia ou constrangimento. Além disso, o participante poderia solicitar ao entrevistador a interrupção da entrevista e, caso sentisse necessidade, deixar o local da entrevista sem prestar esclarecimentos e sem qualquer prejuízo ou consequência para sua rotina escolar. A fim de preservar a identidade do

estudante, bem como seu anonimato, os arquivos dos registros de áudio foram guardados em um computador portátil de acesso exclusivo do pesquisador.

Cada arquivo foi identificado com um código alfanumérico de conhecimento exclusivo dos pesquisadores responsáveis (mestrando e orientador). Os cartões de memória utilizados para a produção dos registros de áudio das entrevistas também foram guardados em armário com chave, de acesso exclusivo dos pesquisadores responsáveis, no gabinete do professor orientador.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir apresentamos um panorama geral sobre os trabalhos selecionados para compor o *corpus* de trabalhos e, conseqüentemente, de estudantes e processos de modelagem analisados na presente pesquisa. O quadro 3 mostra esse panorama dos trabalhos, contemplando informações sobre o curso, o ano cursado pelos estudantes na época, a tipologia dos trabalhos quanto a área científica, a modalidade de inscrição dos trabalhos na META, as estratégias de modelagem e a quantidade de estudantes em cada trabalho.

**Quadro 3 - Corpus** de trabalhos, estudantes e processos de modelagem analisados

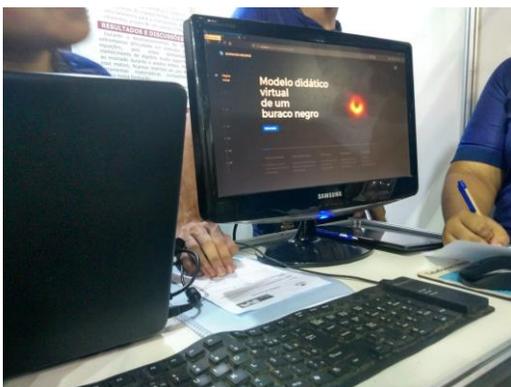
Nº	Título do trabalho	Curso/SÉRIE	Tipologia quanto a área científica	Modalidade de inscrição na META	Estratégia de modelagem	Quant. estudantes
1	ESTAÇÃO DE RECARGA SOLAR FOTOVOLTAICA	ELETRÔNICA-2ª	CIÊNCIAS APLICADAS	CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	Maquete e Simulação	5
2	ESTUDO DOS PROCESSOS NUCLEARES PARA FINS PACÍFICOS: MODELOS DIDÁTICOS PARA SEU ENTENDIMENTO – IMPORTÂNCIA E LIMITAÇÕES	QUÍMICA-1ª	CIÊNCIAS APLICADAS	MODELO DIDÁTICO	Maquete	3
3	MODELO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL EM MAQUETE	ELETROTÉCNICA-3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	MODELO DIDÁTICO	Maquete e Simulação	3
4	SISTEMA DE ACIONAMENTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	ELETRÔNICA-2ª	CIÊNCIAS APLICADAS	CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	Maquete e Simulação	5
5	SMARTHOUSE: SUA CASA NA PALMA DA MÃO, UMA TECNOLOGIA DE CONTROLE DE EQUIPAMENTOS POR MEIO DE SMARTPHONES	INFORMÁTICA -3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	PROCESSO E PRODUTO	Representação esquemática	2
6	SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTÃO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO	REDES-2ª	CIÊNCIAS APLICADAS	CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	Maquete e Simulação	5
7	CASA SUSTENTÁVEL	MECATRÔNICA-3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	Maquete e Simulação	5
8	MODELOS ANALÓGICOS PARA O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA QUÍMICA	QUÍMICA-3ª	CIÊNCIAS NATURAIS	MODELO DIDÁTICO	Analógica	1
9	TABELA PERIÓDICA, OS ELEMENTOS RADIOATIVOS E UM MODELO DIDÁTICO PARA DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA	QUÍMICA-1ª	CIÊNCIAS NATURAIS	MODELO DIDÁTICO	Convencional	5
10	A RIQUEZA MINERAL BRASILEIRA POR MEIO DA TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS	QUÍMICA-1ª	CIÊNCIAS NATURAIS	MODELO DIDÁTICO	Representação esquemática	5
11	MODELO DIDÁTICO DE EXOESQUELETO PARA AUXÍLIO EM FISIOTERAPIA	EQUIPAMENTOS BIOMÉDICOS-3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	MODELO DIDÁTICO	Convencional e Simulação	2

12	CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS USANDO VISÃO COMPUTACIONAL	ELETRÔNICA-3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	Maquete e Simulação	2
13	MODELAGEM DE LENTE CORRETORA PARA DESCOLAMENTO DE RETINA	QUÍMICA-3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	Matemático e simulação	1
14	OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE NO CEFET-MG	ELETROTÉCNICA-3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	MODELO DIDÁTICO	Maquete virtual e Simulação	3
15	MODELO DIDÁTICO DO BENEFICIAMENTO DO PIROCLORO E AS APLICAÇÕES DO NÍOBIO NA SOCIEDADE	QUÍMICA-1ª	CIÊNCIAS APLICADAS	MODELO DIDÁTICO	Maquete	4
16	PROSPECÇÃO QUÍMICA E TECNOLÓGICA DAS RIQUEZAS DO CERRADO PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS BIODISSOLVENTES A SEREM APLICADOS NA REMOÇÃO DE CORANTES	QUÍMICA-3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	PROCESSO E PRODUTO	Maquete e Representação esquemática	2
17	SENSORIAMENTO DE BARRAGENS EM AMBIENTE INTERNET DAS COISAS – IOT	ELETRÔNICA-3ª	CIÊNCIAS APLICADAS	CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	Maquete e Simulação	3
18	MODELO DIDÁTICO PARA ONDAS ESTACIONÁRIAS	INFORMÁTICA-3ª	CIÊNCIAS NATURAIS	MODELO DIDÁTICO	Análogica e Simulação	4
19	MODELO DIDÁTICO VIRTUAL DE UM BURACO NEGRO	INFORMÁTICA-3ª	CIÊNCIAS NATURAIS	MODELO DIDÁTICO	Simulação	3
20	SIMULAÇÃO DE REDES VEICULARES AUTÔNOMAS COM O GTA-SA/SA-MP NUMA MALHA VIÁRIA MULTI CIDADES	INFORMÁTICA-2ª	CIÊNCIAS APLICADAS	CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	Simulação	2
21	UTILIZAÇÃO DE GEOSINTÉTICOS NA CRIAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS	ESTRADAS-2ª	CIÊNCIAS APLICADAS	MODELO DIDÁTICO	Maquete e Simulação	8

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O quadro 4 mostra fotografias de alguns modelos que fizeram parte do *corpus* de trabalhos analisados, a numeração indicada nas fotos faz referência ao quadro 3 e as estratégias de modelagem dos trabalhos aparecem nas legendas das fotos entre parênteses.

**Quadro 4 – Fotografias de alguns modelos que fizeram parte do *corpus* de trabalhos analisados**



nº 19 - Modelo didático virtual de um buraco negro (Simulação)



nº 4 - Sistema de acionamento de iluminação pública (Maquete e Simulação)



nº 8 - Modelos analógicos para o ensino de estequiometria química (Análogica)



nº 9 - Tabela periódica, os elementos radioativos e um modelo didático para diagnóstico de câncer de mama (Convencional)



nº10 - A riqueza mineral brasileira por meio da tabela periódica dos elementos químicos (Representação esquemática)



nº 14 - Otimização energética e sustentabilidade no co-fet-mg (Maquete virtual e Simulação)

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O quadro 5 mostra a quantidade de trabalhos e estudantes separados por curso, com um total de 21 trabalhos e 73 estudantes em 8 cursos técnicos diferentes. Esses foram os trabalhos a que tivemos acesso aos diários de bordo.

Algo a ser considerado é o fato de que alguns trabalhos foram realizados por grupos grandes, de oito estudantes, e outros trabalhos foram realizados por grupos pequenos, alguns por apenas um estudante. A falta de homogeneidade na quantidade de estudante em cada trabalho se torna relevante para nossa pesquisa, já que buscamos compreender o processo de aprendizagem desses estudantes ao realizarem as atividades durante a construção dos modelos, o que torna relevante a busca pela identificação do que foi realizado por cada estudante durante esse processo.

**Quadro 5** - Quantidade de trabalhos e estudantes separados por curso

Curso técnico	Trabalhos	Quantidade de estudantes
Equipamentos Biomédicos	1	2
Eletrotécnica	2	6
Eletrônica	4	15
Estradas	1	8
Informática	4	11
Mecatrônica	1	5
Química	7	21
Redes	1	5
Total	21	73

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Classificamos esses 21 trabalhos em duas tipologias de modelos, os usados nas Ciências Naturais, que são modelos construídos para representar objetos de estudo desse campo científico, como fenômenos e entidades naturais, e os modelos usados nas Ciências Aplicadas, que foram construídos para representar objetos de estudos desse campo, como sistemas complexos construídos pelo homem, produtos e inovações tecnológicas.

**Quadro 6** - Modelos das Ciências Naturais e modelos das Ciências Aplicadas

Tipo do Modelo	Quantidade de trabalhos
Ciências Naturais	5
Ciências Aplicadas	16
Total	21

**Fonte:** Elaborado pelo autor

O quadro 6 mostra que os modelos usados para representar objetos de estudo das Ciências Aplicadas aparecem com maior recorrência: 76,2%. Esse dado é compreensível, já que a META é uma mostra de trabalhos e aplicações e têm como participantes estudantes de cursos técnicos em áreas de aplicação do conhecimento científico.

Os 16 trabalhos classificados como modelos das Ciências Aplicadas se enquadram melhor no conceito de modelo de trabalho usado no desenvolvimento de projetos de engenharia (LAMMI e DENSON, 2017). Já os modelos considerados das Ciências Naturais se alinham melhor com o conceito de objetos-modelo (BUNGE, 1974).

Ao fazerem a inscrição na META 2019, os estudantes, juntamente com os orientadores, precisam definir a categoria em que entendem que o seu trabalho se enquadra. São elas: Ciência e Inovação Tecnológica, Modelo Didático, Processo e Produto e Ciência e Sociedade. No quadro 7 podemos ver um panorama das classificações escolhidas pelos autores dos trabalhos no ato da inscrição no evento.

**Quadro 7 - Categoria dos trabalhos**

<b>Categoria do Trabalho</b>	<b>Quantidade de trabalhos</b>
Ciência e Inovação Tecnológica	8
Modelo Didático	11
Processo e Produto	2
Ciência e Sociedade.	0

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Como era de se esperar, a maioria (11 trabalhos – 52,4 %) dos trabalhos selecionados para análise na presente pesquisa foram classificados pelos autores como Modelos Didáticos. No entanto, 8 dos 21 trabalhos foram entendidos pelos seus autores como Ciência e Inovação Tecnológica e 2 como Processo e Produto.

Mesmo não sendo classificados pelos autores como modelos didáticos, esses trabalhos faziam uso de modelos para representar e expor algum sistema complexo, produto ou inovação tecnológica em desenvolvimento, por esse motivo fazem parte do *corpus* de trabalhos analisados por essa pesquisa.

Foi possível identificar também algumas estratégias de modelagem adotadas pelos autores dos trabalhos. O quadro 8 demonstram esses dados.

**Quadro 8 - Estratégias de modelagem adotadas nos trabalhos**

<b>Estratégias de Modelagem</b>	<b>Quantidade de trabalhos</b>
Analógica	1
Analógica e Simulação	1
Convencional	1
Convencional e Simulação	1
Maquete	2
Maquete e Representação esquemática	1
Maquete e Simulação	8
Maquete virtual e Simulação	1
Representação esquemática	2
Simulação	2
Matemático e simulação	1
<b>Total</b>	<b>21</b>

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Esses dados mostram que houve uma predominância no uso de estratégias de modelagem em maquete, com 12 trabalhos, e simulações, com 14 trabalhos. Essas estratégias de modelagem aparecem em 17 dos 21 trabalhos analisados e em 8 trabalhos elas aparecem juntas. Atribuímos a preferência pela adoção dessas estratégias de modelagem à natureza de Ciências aplicadas da mostra e conseqüentemente dos trabalhos apresentados. As maquetes aliadas as simulações se mostram como estratégias de modelagem adequadas quando o objetivo é representar e expor um sistema complexo e dinâmico, uma vez que a construção do sistema em escala real, em sua plena complexidade, poderia se mostrar inviável para a exposição na mostra.

### **7.1. Análise dos diários de bordo**

Apresentamos a seguir a análise dos dados coletados a partir dos diários de bordo. Essa seção está organizada da seguinte forma: 1º) caracterização das atividades realizadas pelos participantes durante o desenvolvimento dos modelos com base nos modos de apropriação e transformação das experiências definidos na TAE; 2º) caracterização das atividades realizadas pelos participantes durante o desenvolvimento dos modelos com base nos tipos de aprendizagem definidos pela TAE; 3º) análise da influência dos tipos de modelos na aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades; 4º) análise da influência das estratégias de modelagem na aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades; 5º) análise da influência do estilo de aprendizagem individual na

aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades dos participantes durante a construção dos modelos.

### 7.1.1. Modos de apropriação e transformação das experiências

Realizamos a análise de conteúdo categorial temática (BARDIN, 1977, p.153), levando em consideração a frequência de ocorrência das atividades registradas nesses diários, que puderam ser interpretadas de acordo com os conceitos dos modos de apropriação e transformação da experiência contidos na TAE, experiência concreta, conceituação abstrata, observação reflexiva e experimentação ativa. A partir desses conceitos criamos quatro categorias de análise. O objetivo da análise aqui foi caracterizar as atividades realizadas pelos estudantes durante os processos de construção dos modelos de acordo com esses conceitos e, dessa forma, construir uma compreensão sobre tais processos e as possibilidades de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades que eles proporcionaram aos estudantes. O quadro 9 mostra o resultado da codificação e categorização dos dados.

**Quadro 9** - Codificação e categorização das atividades de construção dos modelos de acordo com os modos de apropriação e transformação da TAE

Categorias	Códigos	Exemplos	Frequências			
			Ocorrência de cada código	Percentual em relação ao total de ocorrências da categoria	Ocorrência de cada categoria	Percentual em relação ao total de ocorrências
Experiência Concreta	Contato direto com grandezas físicas, químicas ou biológicas	<i>"Logo, ao fazermos os testes de distância percebemos que a distância é um fator que é um pouco mais instável que a luminosidade[...]"</i>	10	4,12%	243	17,16%
	Contato direto com materiais e ferramentas para construção do modelo	<i>"O segundo objetivo deste encontro era, com um osciloscópio, testar se o sinal de saída do pino de controle do pwm do servo motor estava resultando em um sinal próximo esperado[...]"</i>	200	82,30%		
	Contato direto com problemática ou entidade a ser modelada	<i>"[...]o Campos 1 passava dificuldades devido aos cortes de verba e seus altos gastos, que muitas das vezes aparentam ser desnecessários. Caímos no tema da insustentabilidade e do não aproveitamento de todo o potencial que a instituição possui[...]"</i>	7	2,88%		
	Contato via internet com materiais e ferramentas para construção do modelo	<i>"Portanto, foi pesquisado modelos prontos de bonecos articulados e suas peças em CAD na internet".</i>	18	7,41%		

	Contato via vídeo ou foto mostrando entidade a ser modelada	<i>"Depois de muitas opções de projetos ficou decidido que seria realizado um projeto de sensoriamento de barragens de rejeito. Essa decisão foi influenciada pelos rompimentos recentes de barragens no Estado de Minas Gerais como ocorreu em Mariana (2015) e Brumadinho (2019)".</i>	8	3,29%		
Observação Reflexiva	Consultar de normas técnicas	<i>"Neste dia foi feito alguns ajustes no relatório, deixando-o configurado de acordo com as normas para que no próximo encontro possa se dar início a uma nova seção deste[...]"</i>	1	0,36%	281	19,84%
	Participar de reunião ou brainstorm	<i>"O projeto foi aprovado e decidimos nos reunirmos para concretizar as ideias do projeto".</i>	74	26,33%		
	Assistir apresentação	<i>"Encontro do Gematec: Apresentação: Análise da sistematicidade das analogias em contexto de ensino e pesquisa na educação na Ciência".</i>	13	4,63%		
	Assistir aula	<i>"Aula do mestrado: O papel do modelo não é comprovar uma teoria, é ser um mediador entre a realidade e a teoria sobre ela".</i>	16	5,69%		
	Assistir palestra	<i>"Encontro Gematec: Palestra: objetos análogos".</i>	1	0,36%		
	Realizar leitura, estudo ou pesquisa	<i>"Pesquisamos sobre os possíveis componentes e sobre a maquete e orçamento de valores".</i>	96	34,16%		
	Realizar curso	<i>"Curso de propriedade intelectual[...]"</i>	1	0,36%		
	Instrução do orientador ou coorientador	<i>"Nesse dia houve uma breve conversa com o professor orientador do projeto, [...], e com o coorientador[...], a fim de definir a melhor forma de fazer o projeto (em escala real ou um protótipo em um boneco)".</i>	70	24,91%		
	Elaborar ou aplicar questionário para pesquisa	<i>"Além disso, o questionário de levantamento estatístico deve ser idealizado para elaboração das questões após a aula teórica marcada[...]"</i>	9	3,20%		
Conceitualização Abstrata	Apresentar trabalho	<i>"Nesse dia foi feita a apresentação sobre os maiores problemas enfrentados pelos deficientes no qual foi levantado as seguintes dificuldades[...]"</i>	14	3,19%	439	31,00%
	Descrever conceitos compreendidos	<i>"O que foi trabalhado: Estudo sobre as principais áreas de Visão Computacional Resultados: 1. Conceito de Visão Computacional É o campo de estudo sobre o desenvolvimento de sistemas com a habilidade de visão que ajuda na realização de várias tarefas [...]"</i>	78	17,77%		

	Descrever uma metodologia compreendida	"A sequência de etapas para a construção do questionário será: 1. Determinação dos dados a serem coletados. 2. determinação do instrumento e forma de aplicação [...]"	7	1,59%		
	Elaborar artigo acadêmico	"Próximo encontro: 03/09/2017 Produzir artigo para FEBRAT."	3	0,68%		
	Elaborar de banner para apresentação	"O que foi trabalhado: Foi trabalhado o banner para a feira Semana C&T."	22	5,01%		
	Elaborar relatório	"Neste período foi trabalhado o relatório da FEBRACE – Feira Brasileira de Ciências e Engenharia, segundo todas as normas para a produção do desse documento."	9	2,05%		
	Elaborar resumo de trabalho acadêmico	"O que foi trabalhado: Resumo para META e escolher o nome para o projeto a ser apresentado."	23	5,24%		
	Preparar apresentação de trabalho	"Hoje concluímos os preparativos para amanhã, além disso corrigimos os últimos detalhes da apresentação e do aplicativo."	7	1,59%		
	Conceitos prévios subentendidos	"Reunião19/08 Tema: programações com a MPU6050 [...]"	276	62,87%		
Experimentação Ativa	Realizar de impressão 3D	"Nesse dia, já com o filamento em mãos, o processo de impressão das peças foi reiniciado"	20	4,42%	453	31,99%
	Realizar trabalhos manuais, corte, dobra, colagem, pintura, montagens, soldagem	"O encontro teve como objetivo colar todos os processos na esteira e finalizar o modelo [...]"	82	18,10%		
	Executar reparos ou manutenção	"Dia 15/09: O aluno ... consertou os defeitos existentes na placa até então [...]"	5	1,10%		
	Coletar dados de natureza técnica, medições.	"Tendo em vista que no último encontro, ao se fazer o esquemático das estruturas e componentes do projeto, haviam apenas as medidas da esteira faltando para serem adicionadas no esquemático, logo estas medidas foram feitas."	28	6,18%		
	desenvolvimento da mecânica	"Nesse dia foi definido o seguinte diagrama de blocos para a parte mecânica:"	2	0,44%		
	desenvolver circuitos eletroeletrônicos	"Nesse dia foi projetada no software Protheus uma placa, como pode ser visto no diagrama a seguir,"	19	4,19%		
	Realizar testes, ensaios	"Realizar testes com os códigos disponíveis nos artigos publicados por Adrian Rosebrock [...]"	73	16,11%		
	Elaborar desenho de detalhes e da representação gráfica de cálculos;	"Como o projeto deverá ter uma parte mecânica feita na impressora 3D, foi necessário fazer as peças em um software. Para isso, como um dos membros já tinha uma pequena experiência com CAD, ele foi encarregado de fazer tais partes [...]"	20	4,42%		

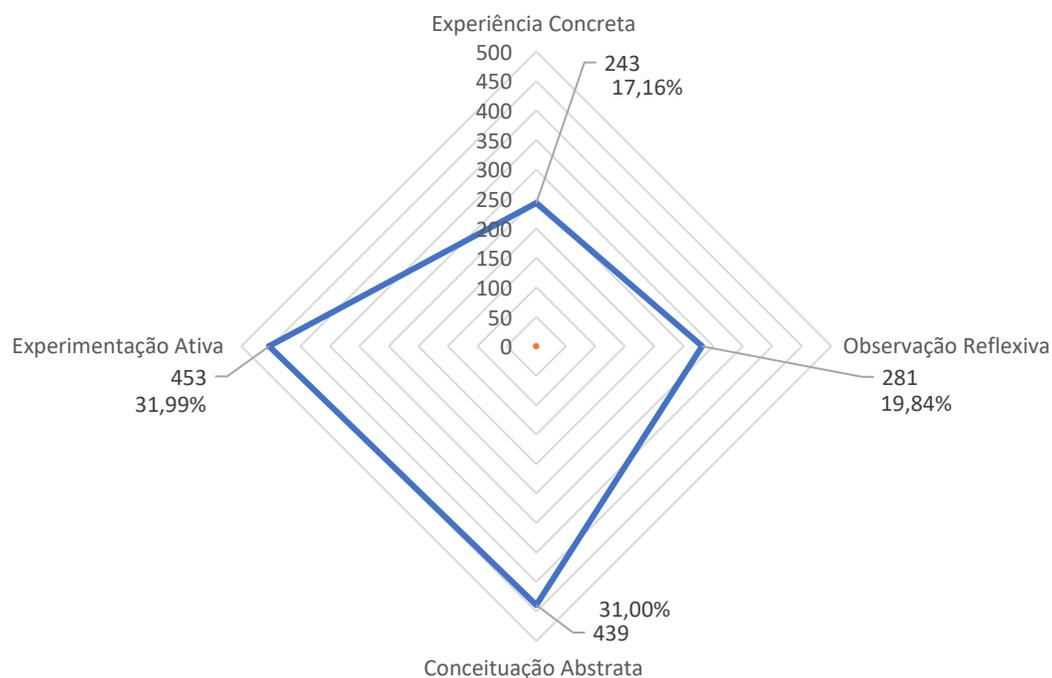
Realizar cálculos	<i>"realizar o cálculo necessário para a escolha da bateria ideal para a placa fotovoltaica."</i>	5	1,10%		
Realizar orçamento, compra, aquisição de materiais	<i>"Nesse dia foi feita uma pesquisa para achar os melhores preços de componentes que serão utilizados durante o projeto [...]"</i>	30	6,62%		
Construir de tabelas	<i>"Tabela construída, exemplo: [...]"</i>	1	0,22%		
Editar arquivos ou elaborar algoritmos digitais	<i>"Neste encontro foi trabalhado no mesmo programa de detecção utilizado no encontro anterior [...]"</i>	101	22,30%		
Realizar planejamento da construção do modelo	<i>"Após uma reunião entre os integrantes foi decidido a criação de uma aplicação Web para o nosso projeto, para que os dados recolhidos fossem melhor apresentados para o usuário final."</i>	62	13,69%		
Realizar mapeamento estrutural	<i>"mapeamento estrutural (estequiometria)"</i>	5	1,10%		
<b>Totais</b>		1416		1416	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Foram consideradas 1.416 unidades de registro no levantamento realizado a partir dos 21 diários de bordo. Das 1.416 unidades de registro, 243 foram interpretadas como experiências concretas, o que corresponde a 17,16 % de casos, 281 como observações reflexivas (19,84 %), 439 de conceituações abstratas (31,00 %), e 453 de experimentações ativas (31,99 %). Esses dados nos mostram que os estudantes tiveram oportunidades de experimentar todas as formas de apropriação e de transformação das experiências durante as atividades de construção dos modelos, em um volume considerável, o que demonstra o potencial desse tipo de atividade para a promoção da aprendizagem e do desenvolvimento dos estudantes.

O gráfico 1 foi elaborado a partir dos dados mostrados no quadro 8 e ilustra de forma mais clara a caracterização das atividades realizadas pelos estudantes durante a construção dos modelos.

**Gráfico 1** - Distribuição das frequências entre os modos de apropriação e transformação das experiências.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Em relação aos modos de apropriação das experiências, os dados mostraram que 17,16% do total das atividades consideradas puderam ser interpretadas como experiência concreta, já 31,00% foram entendidas como conceituação abstrata.

O alto índice de ocorrência da conceituação abstrata pôde ser atribuído ao entendimento de que muitas das atividades registradas pelos estudantes nos diários, para serem realizadas, exigiam que eles tivessem conceitos específicos relacionados à atividade já assimilados. Quando olhamos o código “conceitos prévios subentendidos” vemos que ele representa 62,87% dos registros entendidos como conceituação abstrata. No exemplo citado: *“O que foi realizado: programações com a MPU6050, [...]”*, entendemos que para o estudante realizar a programação em questão, ele necessariamente precisava ter alguns conceitos específicos já assimilados sobre programação.

De forma geral, segundo a TAE, qualquer atividade de transformação das experiências, seja essa transformação por observação reflexiva ou experimentação ativa, precisa ter como base pelo menos uma forma de apropriação da experiência, concreta ou abstrata: é preciso ter o que transformar. No caso da programação citada como exemplo, entendemos que a principal forma de

apropriação de experiências que sustenta essa atividade de experimentação ativa são os conceitos previamente assimilados pelo estudante, ou seja, a conceituação abstrata. Portanto, quando o estudante relata que a atividade realizada naquele dia foi uma programação, entendemos que existem conceitos prévios já assimilados, e dessa forma, realizamos a análise para todos os outros casos.

Já a principal experiência concreta dos estudantes esteve relacionada ao contato direto com os materiais e as ferramentas para construção do modelo, responsável por 82,3% dos registros dessa categoria. À primeira vista, as atividades de construção dos modelos, no contexto de uma mostra de trabalhos e aplicações da EPTNM, ou feira de Ciências e Tecnologia, poderiam ser associadas às atividades essencialmente práticas, com forte relação com as experiências concretas, ou seja, ligada ao contato direto dos estudantes com os materiais e ferramentas para a construção dos modelos. Podemos ver que isso ocorreu, porém, os registros analisados nos mostram que a construção dos modelos esteve mais fortemente associada a apropriação de experiência do tipo abstrata. A presença de conceitos abstratos específicos se mostrou mais presente do que as experiências concretas, o que significa, em nosso entendimento, que as atividades desenvolvidas durante a construção dos modelos exigiram um intenso suporte conceitual para serem realizadas, possibilitando não só a compreensão mais também a aplicação prática desses conceitos.

Em relação aos modos de transformação das experiências, os dados mostram que existe uma tendência pela experimentação ativa, com 31,99% dos casos, em oposição a observação reflexiva, que aparece em 19,84% dos registros. Podemos atribuir esse alto índice de experimentação ativa à realização de trabalhos manuais, que representam 18,10% dessa categoria, a realização de teste ou ensaios, com 16,11%, a edição de arquivos digitais ou elaboração algoritmos digitais, com 22,30%, e a realização planejamento para a construção do modelo, com 13,69%. Juntas, essas atividades somam 70,20% da categoria experimentação ativa. Já as principais atividades entendidas como observação reflexiva foram a participação em reunião ou *brainstorm*, com 26,33%, a realização de leitura, estudo ou pesquisa, 34,16% e a instrução de orientador ou coorientador, com 24,91%. Somadas, elas representam 85,4% das atividades da categoria observação reflexiva.

Esses dados mostram que o trabalho em grupo esteve muito presente durante o desenvolvimento dos modelos. Isso permitiu que os estudantes compartilhassem construções

conceituais uns com os outros de forma dinâmica e interativa, contribuindo para a aprendizagem e o desenvolvimento deles. A realização de estudos e pesquisas, muitas vezes de forma espontânea e autônoma, por parte dos estudantes, e o engajamento dos orientadores, também aparecem em destaque como formas de observação reflexiva.

O caráter prático das atividades fica evidenciado nessa análise, podemos ver que a experimentação ativa supera a observação reflexiva. O alto volume de atividades ligadas a experimentação ativa tende a contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos do tipo convergentes e adaptativos. Além disso, entendemos que as atividades práticas, ligadas a experimentação ativa, podem contribuir também em um nível emocional, favorecendo um maior engajamento por parte dos estudantes nas atividades, possibilitando que eles apliquem os conceitos, façam teste e experimentos, tornando o processo de aprendizagem mais construtivo e estimulante.

Apesar da experimentação ativa ter dominado as formas de transformação das experiências, a observação reflexiva também esteve presente de forma expressiva durante as atividades de construção dos modelos, mostrando que houve uma busca constante, por parte dos estudantes, a referenciais teóricos, seja por material escrito, por vídeos ou por meio de orientação, o que sinaliza o potencial de desenvolvimento dos conhecimentos divergentes e assimilativos. Além disso, esse índice torna visível o caráter teórico das atividades de construção dos modelos, indicando que existiram oportunidades para a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades não somente ligadas a atividades técnicas e práticas, mas também a atividades de pesquisa científica.

### **7.1.2. Tipos de aprendizagem**

Para entender melhor as oportunidades para a aprendizagem e desenvolvimento de habilidades proporcionados pelas atividades aqui investigadas, faremos uma análise considerando como categorias os tipos de aprendizagens conceituados na TAE: divergente, assimilativa, convergente e adaptativa. O quadro 10 e o gráfico 2 mostram o resultado dessa codificação e categorização.

**Quadro 10** - Codificação e categorização das atividades de construção dos modelos de acordo com os tipos de aprendizagem da TAE.

Categorias	Códigos	Exemplos	Frequências			
			Ocorrência de cada código	Percentual em relação ao total de ocorrências da categoria	Ocorrência de cada categoria	Percentual em relação ao total de ocorrências
Aprendizagem Divergente	Experiência com vídeo ou foto sendo transformada por leitura, estudo ou pesquisa	<i>"No dia 13 de junho o vídeo foi mostrado ao Orientador que determinou que era possível fazer algo do tipo. Foi então que demos início as pesquisas de como iríamos implementar isso em uma maquete para que pudesse ser visível o funcionamento do sistema".</i>	8	13,11%	61	7,92%
	Experiência direta com entidade ou grandezas física, química ou biológica sendo transformada por leitura, estudo ou pesquisa	<i>"Fizemos uma pesquisa sobre o amplificador operacional (AOP 741) que será usado no projeto com o objetivo de adequar o sinal de luz na entrada analógica do NODEMCU".</i>	4	6,56%		
	Experiência direta com materiais e ferramentas sendo transformada em reunião ou orientação	<i>"Nosso Orientador nos trouxe um achado, um sensor (imagem 2) que quando interrompido, informaria o microcontrolador que está havendo tráfego de veículos e o microcontrolador enviaria um sinal que acenderia os LEDs dos postes em que o veículo estivesse trafegando".</i>	22	36,07%		
	Experiência direta com materiais e ferramentas sendo transformada por pesquisa	<i>"Tentamos acessar o banco de dados que criamos através do plugin, não obtendo sucesso, pois tivemos problemas com a inclusão dos arquivos do SQLite e especificação do caminho do banco de dados. Após pesquisas e estudos sobre como incluir a biblioteca e especificar o caminho do banco de dados corretamente, finalmente conseguimos acessar o banco de dados através do plugin".</i>	24	39,34%		
	Experiência via internet com materiais sendo transformada via reunião ou orientação	<i>"Antes dos pedidos serem efetuados o orientador do projeto foi consultado com o intuito de verificar a conformidade dos preços dos componentes que seriam solicitados, visto que ele possui maior experiência na área".</i>	3	4,92%		
Aprendizagem Assimilativa	Conceitos compreendidos sendo transformados por reunião ou brainstorm	<i>"Hoje nos encontramos sem o orientador, lá na sala de fundição, para discutirmos sobre os resumos que fizemos até agora. O pessoal gostou, mas um aprofundamento maior ainda será necessário. Ademais, os resumos ficaram muito extensos".</i>	29	14,01%	207	26,88%

	Conceitos sendo transformados por assistir apresentação	"Encontro do Gematec: Apresentação do projeto: Analogias em Modelos: Suas potencialidades no processo de ensino e aprendizagem das ametropias".	10	4,83%		
	Conceitos sendo transformados por assistir aula	"Aula do mestrado: Analogias e Modelos na Ciência e na Educação".	16	7,73%		
	Conceitos sendo transformados por assistir palestra	"Encontro do Gematec: Palestra: Objetos Análogos".	1	0,48%		
	Conceitos sendo transformados por consulta a normas	"O que foi trabalhado: Neste dia foi feito alguns ajustes no relatório, deixando-o configurado de acordo com as normas para que no próximo encontro possa se dar início a uma nova seção deste [...]".	1	0,48%		
	Conceitos sendo transformados por leitura, estudo ou pesquisa	"O que foi trabalhado: Neste encontro foram estudados conceitos básicos para auxiliarem na próxima etapa do projeto: criar um modelo para identificação de um objeto de interesse específico, que no caso é um biscoito".	90	43,48%		
	Conceitos sendo transformados por orientação	"Estamos com bastante dificuldade para produzir o Banner para a META, pedimos ajuda para o nosso orientador [...]".	60	28,99%		
Aprendizagem Convergente	Conceitos compreendidos sendo aplicados em desenvolvimento de circuitos	"Nesse dia, desenvolvemos um circuito de adequação do sinal de luz na entrada analógica do NODEMCU".	19	6,44%	295	38,31%
	Conceitos compreendidos sendo aplicados em especificação, orçamento, compra de materiais	"Produtos Preço Quantidade/Especificação Lâmpada inteligente (mínimo 50 unidades) Média de R\$ 60,00 por unidade Mínimo de 50 unidades por encomenda"	3	1,02%		
	Conceitos compreendidos sendo aplicados em tabelas	"tabela desenvolvida. Exemplo: dados coletados [...]"	1	0,34%		
	Conceitos compreendidos sendo aplicados em trabalhos manuais	"A montagem do sistema de captação de água da chuva foi terminada e está pronta para testes".	34	11,53%		
	Conceitos compreendidos sendo aplicados em um cálculo	"... foi instruído como realizar o cálculo necessário para a escolha da bateria ideal para a placa fotovoltaica."	5	1,69%		
	Conceitos compreendidos sendo aplicados em um desenho	"Como o projeto deverá ter uma parte mecânica feita na impressora 3D, foi necessário fazer as peças em um software. Para isso, como um dos membros já tinha uma pequena experiência com CAD, ele foi encarregado de fazer tais partes".	18	6,10%		

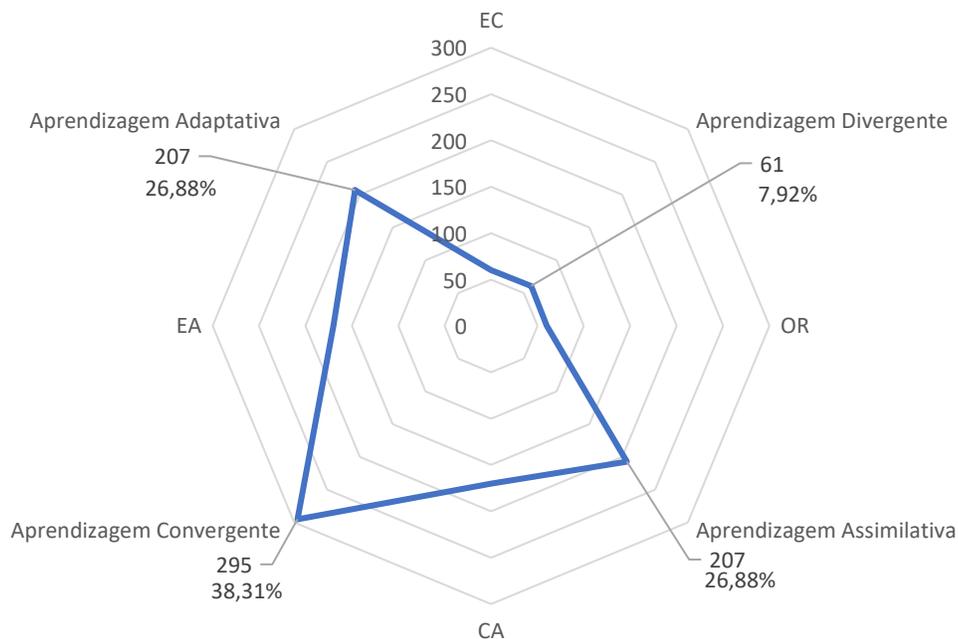
	Conceitos compreendidos sendo aplicados em um planejamento	"O projeto a ser realizado será um exoesqueleto para auxiliar na fisioterapia de pessoas que tiveram parte da mobilidade das pernas temporariamente debilitada. Com a ideia do projeto formalizada, esse dia foi utilizado para fazer uma estruturação do projeto, desenvolvendo um diagrama de blocos geral e específico. A estrutura do projeto que foi definida é: [...]"	50	16,95%		
	Conceitos compreendidos sendo aplicados em um teste, ensaio.	"Nesse dia realizou-se testes para averiguar o funcionamento do display adquirido".	50	16,95%		
	Conceitos compreendidos sendo aplicados em uma análise	"Mapeamento estrutural da estequiometria: [...]"	6	2,03%		
	Conceitos compreendidos sendo aplicados na edição de arquivos ou algoritmos digitais	"Durante o mês das férias, nos focamos na produção dos programas para o funcionamento da casa automatizada na plataforma Arduino IDE, como irrigação e iluminação".	101	34,24%		
	Conceitos compreendidos sendo aplicados no desenvolvimento da mecânica	"Nesse dia foi definido o seguinte diagrama de blocos para a parte mecânica:"	2	0,68%		
	Conceitos prévios sendo aplicados em uma impressão 3D	"Nesse dia pela manhã foi realizada a primeira tentativa de imprimir as peças na impressora 3D, uma vez que já estávamos em posse do filamento e a impressora 3D estava à disposição".	3	1,02%		
	Conhecimentos compreendidos sendo aplicados em reparos ou manutenção	"Dia 15/09: O aluno ... consertou os defeitos existentes na placa até então".	3	1,02%		
Aprendizagem Adaptativa	Experiência direta com materiais sendo transformada por impressão 3D	"Nesse dia a impressão das peças, que falhou da última, vez deu certo. Foram impressas 2 peças. O processo durou cerca de 2 horas e meia".	18	8,70%	207	26,88%
	Experiência direta com materiais sendo transformada por compra	"Nesse dia os integrantes do grupo foram ao centro fazer compras gerais para o projeto, como resistores, placas de circuito impresso, cabos flat, etc."	18	8,70%		
	Experiência direta com materiais sendo transformada por trabalhos manuais	"Nesse dia as placas dos encoder's foram cortadas em seus devidos formatos, como pode ser visto na figura abaixo"	81	39,13%		
	Experiência direta com materiais sendo transformadas por medições	O segundo objetivo deste encontro era, com um osciloscópio, testar se o sinal de saída do pino de controle do pwm do servo motor estava resultando em um sinal próximo esperado ao ponto que se desejava descobrir o porquê, de	21	10,14%		

	<i>forma periódica, o servo motor não atendia ao comando realmente esperado”.</i>				
Experiência direta com materiais, grandezas sendo transformadas por testes	<i>“O que foi trabalhado: Neste encontro foi testado o desempenho do modelo, treinado no encontro anterior, no Raspberry Pi”.</i>	69	33,33%		
<b>Totais</b>		770		770	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

O quadro 9 mostra uma predominância da aprendizagem convergente, com 38,31% de um total de 770 unidades de registro contidas nos 21 diários de bordo. O código com maior frequência dessa categoria foi o de “conceitos compreendidos sendo aplicados na edição de arquivos ou algoritmos digitais”, com 34,24% das ocorrências da categoria. A partir desses dados podemos dizer que as atividades que favorecem a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades relacionadas a criação de programas e algoritmos digitais se mostraram presentes, de forma expressiva, durante o processo de construção dos modelos, e que possivelmente houve um desenvolvimento expressivo de habilidades relacionada a essa atividade. Não podemos dizer, ainda, se esse processo de aprendizagem ocorreu em níveis iniciais ou avançados de desenvolvimento, ou seja, se o alto volume dessas atividades de programação foram realizadas por programadores iniciantes ou experientes. O gráfico 2 mostra o “mapa” da aprendizagem dos participantes.

**Gráfico 2** - Distribuição das frequências entre os tipos de aprendizagem da TAE



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Outros processos que contribuíram com a predominância da aprendizagem do tipo convergente foram os de “conceitos compreendidos sendo aplicados em trabalhos manuais”, com 11,53%, “conceitos compreendidos sendo aplicados em um planejamento”, com 16,95%, e “conceitos compreendidos sendo aplicados em um teste ou ensaio”, também com 16,95%. Juntos, esses processos correspondem a 45,43% da categoria, e acrescentando os “conceitos compreendidos sendo aplicados na edição de arquivos ou algoritmos digitais”, somam 79,67% dos processos entendidos como convergentes, portanto, podemos dizer que esses são os principais processos responsáveis pelo tipo de aprendizagem e desenvolvimento convergente durante a construção dos modelos.

Em seguida, com os mesmos 26,88%, aparecem a aprendizagem adaptativa e a aprendizagem assimilativa. Percebemos aqui, que houve um equilíbrio entre esses dois tipos de aprendizagem.

Quanto à aprendizagem assimilativa, o processo mais frequente foi o de “conceitos sendo transformados por leitura, estudo ou pesquisa”, com 43,48% das ocorrências dessa categoria, seguido por “conceitos sendo transformados por orientação”, com 28,99%, e “conceitos compreendidos sendo transformados em reunião ou *brainstorm*”, com 14,01%. Esses processos somam 86,48% das unidades de registro interpretadas como aprendizagem assimilativa. Já havíamos ressaltado, na seção anterior, 7.1.1, a importância do trabalho em grupo, da orientação e dos estudos e pesquisas realizada pelos estudantes para o desenvolvimento da aprendizagem assimilativa e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de habilidades ligadas a esse tipo de aprendizagem. Aqui confirmamos, por meio dos dados que foram registrados nos diários de bordo, um volume considerável de processos assimilativos, volume de processos que podem viabilizar a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades relacionada aos processos de pesquisa científica.

Com relação à aprendizagem adaptativa, os dados mostram que a “experiência direta com materiais ou ferramentas sendo transformada por trabalhos manuais” apareceu com uma frequência de 39,13%, a “experiência direta com materiais, grandezas ou ferramentas sendo transformadas por testes” com 33,33%, e a “experiência direta com materiais ou ferramentas sendo transformadas por medições” com 10,14% dos casos dessa categoria. Esses casos somam 82,60% das ocorrências entendidas como aprendizagem adaptativa, destacando-se o alto volume de trabalhos manuais, testes e medições. Todas essas atividades foram realizadas em contato direto com os materiais e as ferramentas necessárias. Temos aqui um retrato da aprendizagem e do desenvolvimento adaptativo proporcionado pelos processos de modelagem analisados.

A aprendizagem divergente aparece com apenas 7,92% das ocorrências. Esse tipo de aprendizagem é caracterizado pela experiência concreta sendo transformada por observação reflexiva, ou seja, um contato direto com materiais, ferramentas, entidades estudadas, sistemas ou fenômenos que levem a uma pesquisa, estudo ou a uma orientação. O volume de registros que puderam ser caracterizados dessa forma foi pequeno, mas ocorreram. Foram no total 61 registros. Os dados mostram que 39,34% dos registros dessa categoria correspondem a “experiência direta com materiais e ferramentas sendo transformada por pesquisa” e 36,07% a “experiência direta com materiais e ferramentas sendo transformada em reunião ou orientação”. Alguns desses processos ocorreram no início dos trabalhos, em que situações reais serviram de motivação para o início das pesquisas ou estudos.

A aprendizagem divergente se trata da tentativa de compreender as experiências que foram apropriadas de forma concreta por meio de estudos com base teórica sólida. Nos casos interpretados como processos divergentes foi possível associar diretamente a realização de estudos teóricos ou orientações a experiências concretas anteriores, experiências muitas vezes proporcionadas por uma experimentação ativa.

Ressaltamos a importância dessa relação: experimentação ativa, que se converte em uma experiência concreta, que leva a uma observação reflexiva, que se converte em uma conceituação abstrata e novamente a uma nova experimentação ativa, ou seja, fecha-se o ciclo da TAE.

No exemplo *“O que foi trabalhado: Neste encontro foram analisados artigos e vídeos sobre os servos motores em interação com o Raspberry Pi para tentar achar o motivo pelo qual o problema de tremidas do servo ocorriam”*, podemos perceber como a experiência concreta com motor inicialmente foi transformada por uma experimentação ativa, uma tentativa de fazê-lo funcionar na prática, ou seja, aprendizagem adaptativa. No entanto, o motor apresentou falhas, e para tentar resolver as falhas os estudantes recorreram a pesquisas em artigos e vídeos, ou seja, transformação por observação reflexiva, que nesse caso resulta em aprendizagem divergente.

Na sequência do exemplo *“Resultados: Em um dos vídeos sobre servos motores e o Raspberry Pi - <https://www.youtube.com/watch?v=LwEBB6v559I> - foi encontrado o motivo pelo qual o servo motor treme caso o movimento seja finalizado e o computador não cesse o pulso de pwm no pino de controle”*, percebemos que essa pesquisa proporcionou aos estudantes uma nova construção conceitual, ou seja, apropriação por conceituação abstrata, o que resultou em aprendizagem assimilativa.

Ainda na sequência do exemplo *“Ao trabalhar na mudança de acionamento do servo foi obtido os resultados encontrados nas Figuras 96 e 97 onde é possível observar algumas diferenças na forma como o servo motor reage para a detecção de cada tipo de biscoito deste modelo em comparação com o modelo do dia 20/04/2019”*, percebemos que os estudantes partem para uma nova experimentação ativa, munidos de um novo suporte conceitual e, dessa forma, desenvolvem a aprendizagem convergente.

Entendemos que essa dinâmica entre os modos de apropriação e transformação ocorridas durante os processos de construção dos modelos demonstra o grande potencial que essas atividades

têm para a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades dos estudantes, não só por promoverem oportunidades para o desenvolvimento dos vários tipos de aprendizagem, mas por sistematizar esses processos, tornado evidente as relações de causalidade entre eles e como eles ocorrem de forma quase natural no contexto analisado, de modo que uma situação leva a outra. A experimentação ativa promove a apropriação de uma experiência concreta e dá significado aos estudos teóricos, à observação reflexiva. Essa por sua vez, permite a apropriação de forma abstrata (conceituação abstrata) que será testada em uma nova experimentação ativa. Isso nos leva a afirmar que todo esse processo parece ocorrer de forma inter-relacionada, em que nenhuma etapa ocorre sem significado para o estudante, o que pode tornar o processo de aprendizagem e desenvolvimento mais construtivo e estimulante.

### 7.1.3. Influência dos tipos de modelos na aprendizagem e no desenvolvimento

Quando realizamos uma análise considerando apenas os trabalhos classificados como modelos das Ciências Aplicadas, notamos uma acentuação das atividades de transformação entendidas como experimentação ativa, cujo percentual de ocorrências sobe para 34,06%, em oposição a observação reflexiva, que diminui para 17,35%, como pode ser visto no quadro 11 e no gráfico 3. A partir desses dados podemos inferir que a construção desse tipo de modelo apresentou intensa atividade prática, tornando as oportunidades para a construção de conhecimentos convergentes e adaptativos mais frequentes e conseqüentemente o desenvolvimento de habilidades ligadas a esses tipos de conhecimentos.

**Quadro 11** - Categorização das atividades dos modelos das Ciências Aplicadas

<b>Categorias</b>	<b>Ocorrência de cada categoria</b>	<b>Percentual em relação ao total de ocorrências</b>
Experiência Concreta	210	19,07%
Observação Reflexiva	191	17,35%
Conceituação Abstrata	325	29,52%
Experimentação Ativa	375	34,06%
<b>Total</b>	<b>1101</b>	<b>100,00%</b>

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Foram consideradas 1101 unidades de registro, contidas em 16 diários de bordo. As principais atividades responsáveis por esse alto índice de experimentação ativa na construção desse tipo de modelo foram: a execução de trabalhos manuais, como corte, dobra, colagem, pintura,

montagens, soldagem, com 16,27%; a realização de testes, ensaios, com 17,60%; e a edição de arquivos ou elaboração de algoritmos digitais, com 26,40% dos casos dessa categoria.

Já quando realizamos uma análise semelhante considerando apenas os trabalhos classificados como modelos das Ciências Naturais percebemos uma mudança considerável nos modos de apropriação e transformação. A ocorrência de transformação por observação reflexiva ultrapassa a de experimentação ativa, o quadro 12 e o gráfico 3 mostram os resultados.

**Quadro 12** - Categorização das atividades dos modelos das Ciências Naturais

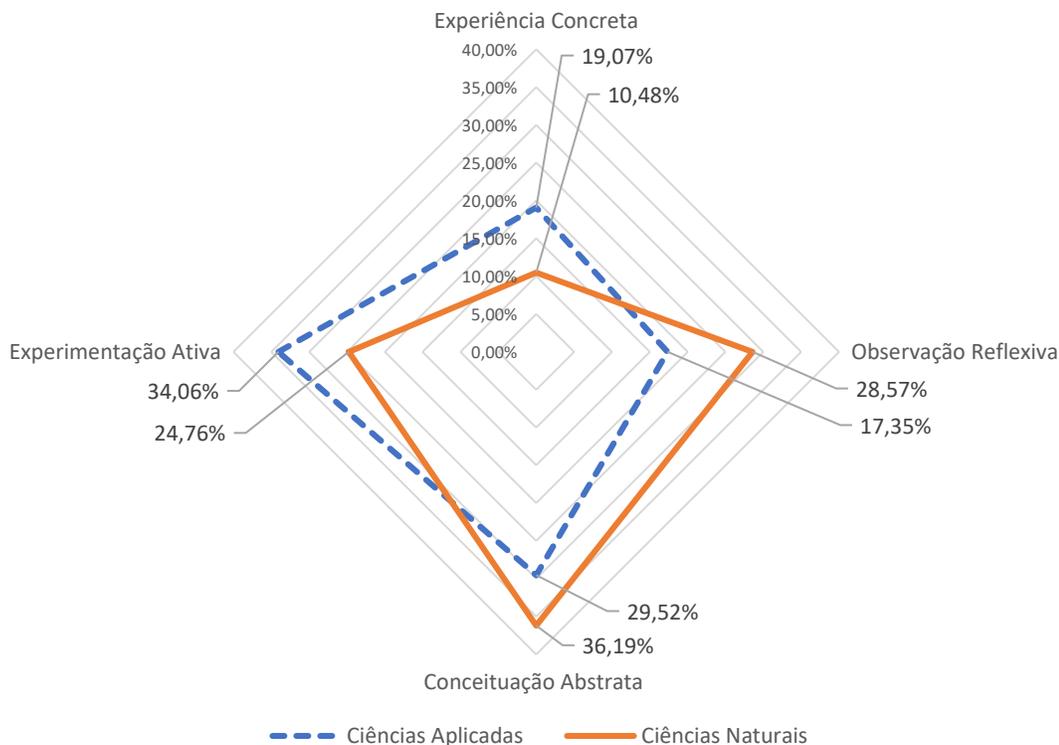
<b>Categorias</b>	<b>Ocorrência de cada categoria</b>	<b>Percentual em relação ao total de ocorrências</b>
Experiência Concreta	33	10,48%
Observação Reflexiva	90	28,57%
Conceituação Abstrata	114	36,19%
Experimentação Ativa	78	24,76%
<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>100,00%</b>

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Nesse caso foram consideradas 315 enunciações, contidas em 5 diários de bordo. Podemos ver que a observação reflexiva aparece com 28,57% dos casos enquanto a experimentação ativa com 24,76%. Essa maior ocorrência da observação reflexiva representa uma mudança na caracterização das atividades de construção de modelos desse tipo em relação a construção dos modelos que representam objetos de estudos das áreas das Ciências aplicadas. Podemos dizer, a partir desses dados, que as atividades ligadas a participação em aulas e a realização de leitura, estudo ou pesquisas ganharam maior atenção por parte dos estudantes durante o processo de construção desse tipo de modelo, criando mais oportunidades para a construção de conhecimentos assimilativos e divergentes e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de habilidades ligadas a esses tipos de conhecimentos.

Podemos ver no gráfico 3 como ocorre um deslocamento das atividades de experimentação ativa em direção a observação reflexiva quando comparamos a construção de modelos das Ciências Naturais (CN) com os modelos das Ciências Aplicadas (CA).

**Gráfico 3** - Comparação da distribuição de frequências entre os modelos das CA e das CN: modos de apropriação e transformação das experiências



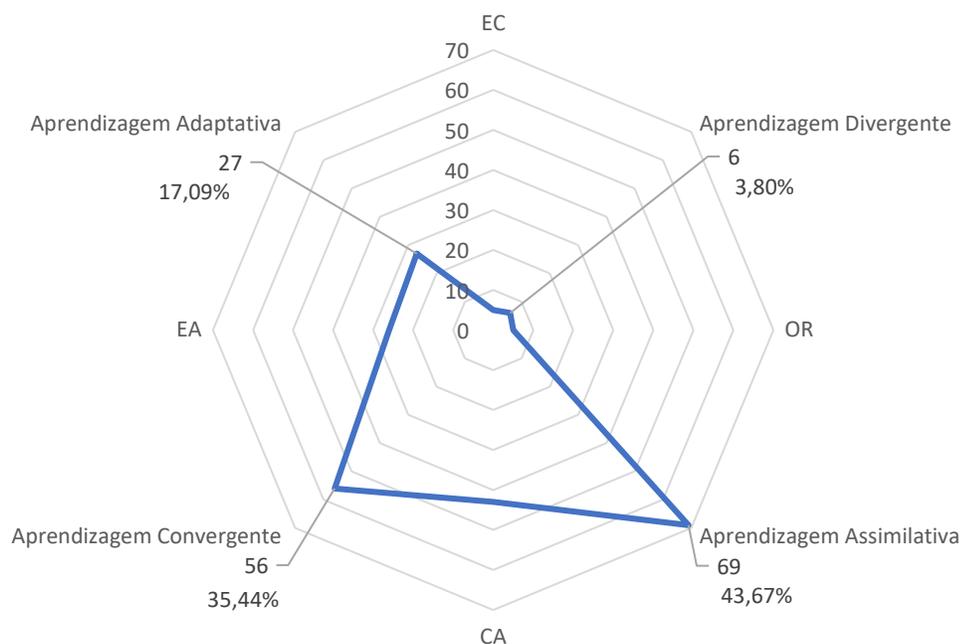
**Fonte:** Elaborado pelo autor

Em relação as formas de apropriação das experiências, podemos notar que houve uma diminuição significativa na apropriação por experiência concreta. O que pode explicar essa queda é a ocorrência menor de contato direto com materiais e ferramentas para construção dos modelos das Ciências Naturais, já que nos modelos das Ciências Aplicadas foram 175 unidades de registro desse tipo, o que corresponde a 83,33% da categoria, e nos modelos das Ciências Naturais foram 25, o que corresponde a 75,76% da categoria. Com essa redução na frequência percentual da principal atividade que corresponde a experiência concreta o resultado foi a diminuição relativa vista no gráfico 3.

Em contrapartida, o índice de ocorrência da conceituação abstrata aumentou aproximadamente 6% na construção dos modelos das Ciências Naturais. Esse aumento na conceituação abstrata somada ao aumento do índice de observação reflexiva, indica uma forte tendência de desenvolvimento de conhecimentos assimilativos e de habilidades relacionadas a esse tipo de conhecimento.

Ao considerarmos os tipos de aprendizagem, quando analisamos apenas os trabalhos entendidos como modelos das Ciências Naturais, obtemos um resultado bem diferente do resultado geral. Nesse caso, o tipo de aprendizagem que ocorreu de forma predominante foi a assimilativa, com 43,67% das ocorrências, seguida pela convergente, com 35,44%, e da adaptativa, com 17,09%, e por último a divergente com 3,8%. Podemos ver os resultados no gráfico 4.

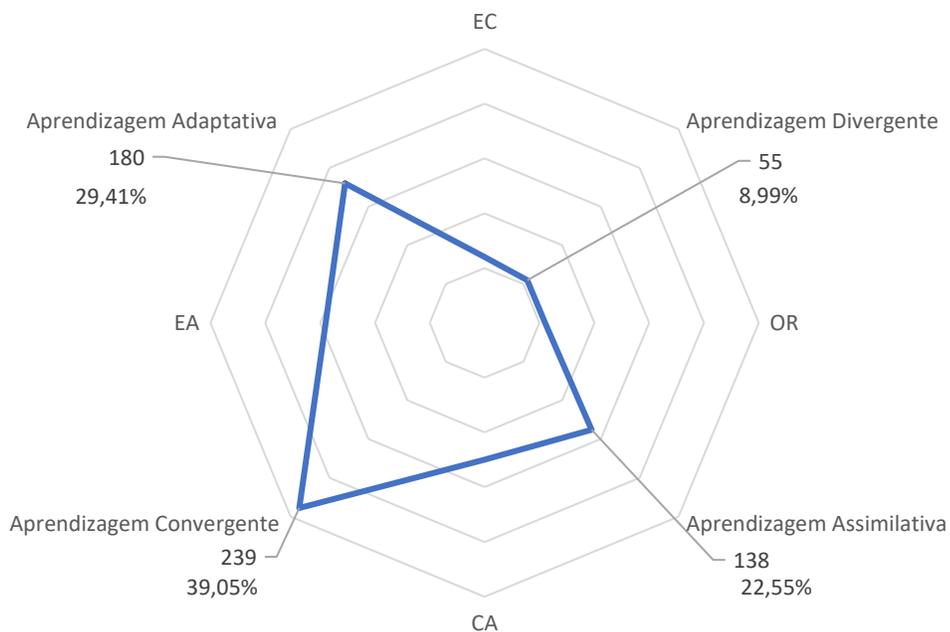
**Gráfico 4** - Distribuição das frequências entre os tipos de aprendizagem da TAE, considerando os casos dos modelos das Ciências Naturais.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

No caso dos trabalhos que envolveram modelos das Ciências Aplicadas, a aprendizagem mais frequente foi a do tipo convergente, com 39,05%, seguido da adaptativa, com 29,41%, a assimilativa com 22,55%, e por última a divergente, com 8,99%. O gráfico 5 mostra o resultado.

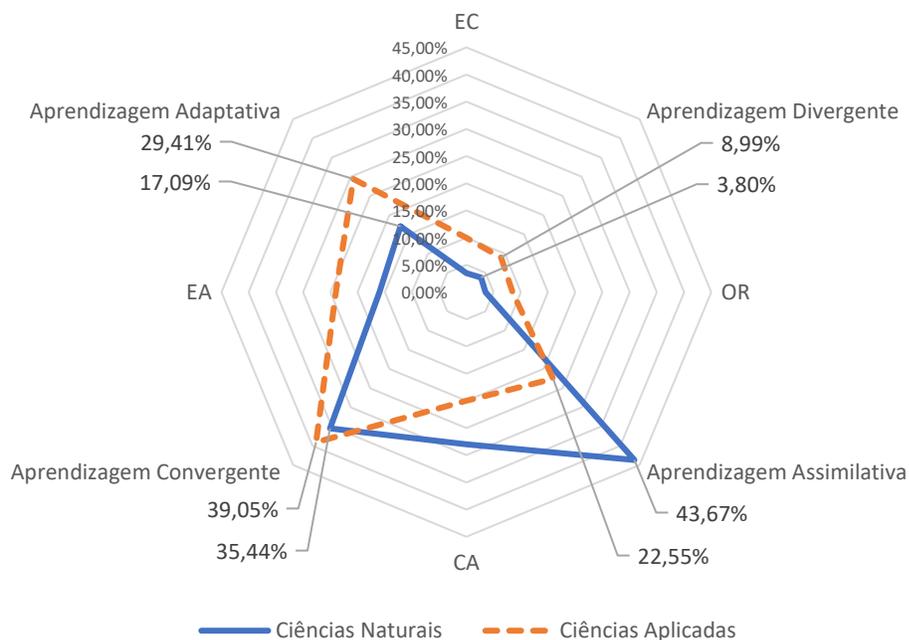
**Gráfico 5** - Distribuição das frequências entre os tipos de aprendizagem da TAE, modelos das Ciências Aplicadas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Quando realizamos uma comparação entre os resultados obtidos nessas duas análises podemos ver um claro deslocamento do volume de unidades de registro entendidas como aprendizagem assimilativa nos modelos das Ciências naturais, para as aprendizagens dos tipos convergente e adaptativa, nos modelos das Ciências aplicadas. Podemos ver essa comparação no gráfico 6.

**Gráfico 6** - Comparação entre os modelos das Ciências Aplicadas e os das Ciências Naturais: distribuição das frequências entre os tipos de aprendizagem da TAE.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

No caso da construção dos modelos das Ciências Naturais, os principais fatores que levaram a esse alto índice de ocorrência da aprendizagem assimilativa foram os “conceitos sendo transformados por assistir apresentação”, com 14,49%, os “conceitos sendo transformados por assistir aula”, com 23,19%, os “conceitos sendo transformados por leitura, estudo ou pesquisa”, com 30,43% e os “conceitos sendo transformados por orientação”, com 18,34%. Juntos, esses fatores somam 86,45% da categoria.

Dois desses fatores contribuíram particularmente para aprendizagem assimilativa na construção dos modelos das Ciências Naturais: os “conceitos sendo transformados por assistir apresentação” e os “conceitos sendo transformados por assistir aula”. Esses dois fatores não aparecem na análise dos processos de construção dos modelos das Ciências Aplicadas, isso mostra que os estudantes consideram a participação em aulas e palestras tão essenciais para a construção dos modelos das Ciências Naturais que as registraram nos diários de bordo, ressaltando essas atividades como parte fundamental do processo de construção desses modelos.

Quando consideramos apenas os modelos das Ciências Aplicadas, notamos que os principais fatores que contribuíram com a aprendizagem adaptativa foram: a “experiência direta

com materiais sendo transformada por trabalhos manuais”, com 33,89%, e a “experiência direta com materiais ou grandezas sendo transformadas por testes”, com 35,56%, o que corresponde a 69,45% da categoria aprendizagem adaptativa. No caso dos modelos das Ciências Naturais a “experiência direta com materiais ou grandezas sendo transformadas por testes” aparece em apenas 18,52%, contra os 35,56% das Ciências Aplicadas, e a “experiência direta com materiais sendo transformada por trabalhos manuais” sobe de 33,89% para 74,07% no caso das Ciências Naturais. Percebemos, portanto, uma concentração maior de trabalhos manuais na construção dos modelos das Ciências Naturais e de realizações de testes na construção dos modelos das Ciências Aplicadas, o que contribuiu de forma diferente para o desenvolvimento de habilidades ligadas a esse tipo de aprendizagem.

A aprendizagem do tipo convergente se mostrou significativa nos dois tipos de modelos: 35,44% nas Ciências Naturais e 39,05% nas Ciências Aplicadas. Os principais fatores que contribuíram com esse tipo de aprendizagem na construção dos modelos das Ciências Aplicadas foram: os “conceitos compreendidos sendo aplicados em um planejamento”, com 14,64%, e os “conceitos compreendidos sendo aplicados na edição de arquivos ou algoritmos digitais”, com 41,42%, sendo esse último o principal responsável pela predominância da aprendizagem convergente nos modelos das Ciências Aplicadas. Já na construção dos modelos das Ciências Naturais os “conceitos compreendidos sendo aplicados na edição de arquivos ou algoritmos digitais” aparecem em apenas 3,57% das ocorrências dessa categoria. Os principais responsáveis pela aprendizagem convergente na construção dos modelos das Ciências Naturais são os “conceitos compreendidos sendo aplicados em um planejamento”, com 26,79%, e os “conceitos compreendidos sendo aplicados em trabalhos manuais”, com 28,57% dessa categoria. Mais uma vez podemos observar que os trabalhos manuais aparecem de forma expressiva na construção dos modelos das Ciências Naturais.

O desenvolvimento de habilidades ligadas a programação não é único, mas chama a atenção e se destaca a partir dos dados aqui analisados. Outro fator que nos chama a atenção é a realização de planejamento: essa atividade aparece em destaque na construção dos dois tipos de modelos, contribuindo de forma expressiva para aprendizagem convergente em ambos.

Podemos inferir, a partir dos dados aqui apresentados, que o tipo do modelo quanto ao campo científico do objeto de estudo que ele representa se mostrou um fator influente no tipo de

aprendizagem e no potencial desenvolvimento de habilidades dos participantes decorrente da construção desses modelos. Os modelos das Ciências Aplicadas propiciaram maior ocorrência da aprendizagem convergente enquanto os modelos das Ciências Naturais apresentaram com maior frequência a ocorrência da aprendizagem assimilativa.

#### 7.1.4. Influência das estratégias de modelagem na aprendizagem e no desenvolvimento

Nessa seção faremos uma análise da aprendizagem considerando, em um primeiro momento, os modelos que adotaram como estratégia de modelagem a simulação, seja ela real ou computadorizada, e em um segundo momento, os modelos que não adotaram a simulação como estratégia de modelagem. O quadro 13 e o gráfico 7 apresentam os resultados da categorização realizada com base nos tipos de aprendizagens da TAE.

**Quadro 13** - Comparação entre os modelos com e sem simulação: categorização das atividades de acordo com os tipos de aprendizagem da TAE

Categoria	Sem Simulação		Com Simulação	
	Ocorrência de cada categoria	Percentual em relação ao total de ocorrências	Ocorrência de cada categoria	Percentual em relação ao total de ocorrências
Aprendizagem Divergente	11	4,38%	50	9,63%
Aprendizagem Assimilativa	95	37,85%	112	21,58%
Aprendizagem Convergente	75	29,88%	220	42,39%
Aprendizagem Adaptativa	70	27,89%	137	26,40%
Totais	251	100,00%	519	100,00%

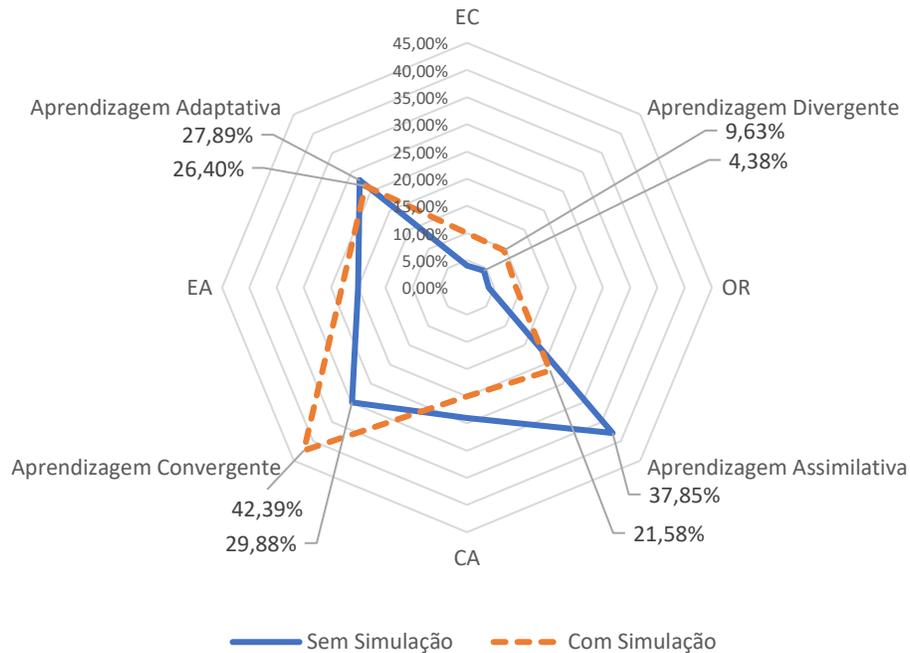
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Foram analisados 14 diários de bordo de trabalhos que adotaram como estratégia de modelagem algum tipo de simulação e 7 diários de trabalhos que não apresentavam nenhum tipo de simulação. Os dados mostram uma diferença considerável nos tipos de aprendizagem desenvolvidas pelos estudantes nesses dois casos.

Na construção dos modelos sem simulação, a aprendizagem assimilativa se mostrou mais frequente, com 37,85% das ocorrências, enquanto nos modelos com simulação, a aprendizagem convergente foi a que apresentou maior frequência, 42,39% das ocorrências. O gráfico 7 mostra

esses dados e torna mais clara a comparação entre esses dois tipos de estratégias de modelagem e seus impactos na aprendizagem.

**Gráfico 7** - Comparação entre modelos com e sem simulação da distribuição de frequências de acordo com os tipos de aprendizagem da TAE.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O processo responsável pela maior parte da aprendizagem convergente no desenvolvimento dos modelos com simulação foi o de “conceitos compreendidos sendo aplicados na edição de arquivos ou algoritmos digitais”, com 45,45% das ocorrências relacionadas a esse tipo de aprendizagem. Já no desenvolvimento dos modelos sem simulação esse mesmo processo aparece com apenas 1,33% das ocorrências na categoria aprendizagem convergente.

Podemos inferir, a partir desse dado, que na construção dos modelos que adotaram simulações como estratégia de modelagem foi necessário fazer uso intenso de programação e algoritmos digitais para viabilizar a simulação do sistema ou fenômeno natural representado pelos modelos, o que favoreceu a aprendizagem convergente e o desenvolvimento de habilidades decorrente desse processo.

Já no caso dos modelos sem simulação, a aprendizagem assimilativa se destaca com 37,85% das ocorrências, contra 21,58% nos modelos com simulação. Os dados levantados mostram que

essa diferença se deve, principalmente, aos processos de “conceitos sendo transformados por assistir apresentação” e “conceitos sendo transformados por assistir aula”, juntos eles somam 27,37% das ocorrências na categoria da aprendizagem assimilativa nos modelos sem simulação, enquanto nos modelos com simulação esses processos não aparecem. Nos modelos com simulação o processo assimilativo com maior frequência foi o de “conceitos sendo transformados por leitura, estudo ou pesquisa”, com 41,96% dessa categoria.

Esses dados indicam que os estudantes que desenvolveram modelos sem simulação consideraram a participação em aulas e palestras como parte do processo de construção dos modelos. Esses modelos enfatizavam o caráter conceitual, favorecendo a aprendizagem assimilativa e o desenvolvimento de habilidades ligado a esse tipo de processo de aprendizagem.

#### **7.1.5. Influência do estilo de aprendizagem individual na aprendizagem e no desenvolvimento**

Nesta seção apresentamos a análise de quatro casos em que foi possível identificar, por meio dos diários de bordo, as atividades realizadas pelos participantes durante o desenvolvimento dos modelos de forma individual e categorizá-las de acordo com os conceitos da TAE. Isso nos permite comparar essas atividades com os estilos de aprendizagem de cada um desses participantes, obtidos por meio do preenchimento do Inventário de Estilos de Aprendizagem pelos mesmos, na versão 3.1, de KOLB e KOLB (2005).

O quadro 14 mostra os dados coletados a partir do preenchimento do IEA por esses participantes. Eles foram codificados como p1, p2, p3 e p4.

**Quadro 14 - Pontuação no IEA dos participantes p1, p2, p3 e p4**

Modos de aprendizagem	Estilo Individual de Aprendizagem							
	Pontuação de p1	% de p1	Pontuação de p2	% de p2	Pontuação de p3	% de p3	Pontuação de p4	% de p4
Experiência Concreta	22	20,00%	20	16,67%	16	13,33%	18	15,00%
Observação Reflexiva	36	30,00%	20	16,67%	40	33,33%	26	21,67%
Conceituação Abstrata	31	24,17%	38	31,67%	30	25,00%	39	32,50%
Experimentação Ativa	31	25,83%	42	35,00%	34	28,33%	37	30,83%
Total	120	100,00%	120	100,00%	120	100,00%	120	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Os dados apresentados no quadro 14 mostram que p1 e p3 possuem estilo de aprendizagem orientado para a assimilação, já que a pontuação absoluta da dimensão de apropriação (CA-EC) é maior do que 8 nos dois casos, o que sinaliza a preferência pela apropriação abstrata em detrimento da concreta e a dimensão de transformação (EA-OR) é menor do que 6 nos dois casos, sinalizando uma predileção pela transformação do tipo reflexiva em detrimento da ativa. Essa combinação de apropriação abstrata e transformação reflexiva resulta no estilo de aprendizagem assimilativo.

Já nos casos de p2 e p4 os dados mostram que eles possuem estilo de aprendizagem orientado para a convergência. A partir dos dados apresentados no quadro 14 podemos ver que a dimensão de apropriação (CA-EC) é maior do que 8 nos dois casos, o que sinaliza a preferência pela apropriação abstrata em detrimento da concreta, e a dimensão de transformação (EA-OR) é maior do que 7 nos dois casos, sinalizando uma predileção pela transformação do tipo ativa em detrimento da reflexiva. Essa combinação de apropriação abstrata e transformação ativa resulta no estilo de aprendizagem convergente.

No quadro 15 podemos ver o resultado da caracterização das atividades realizadas por esses participantes durante o desenvolvimento dos modelos de acordo com os conceitos de apropriação e transformação da TAE.

**Quadro 15** - Categorização das atividades desenvolvidas pelos participantes p1, p2, p3 e p4 de acordo com os modos de apropriação e transformação da TAE

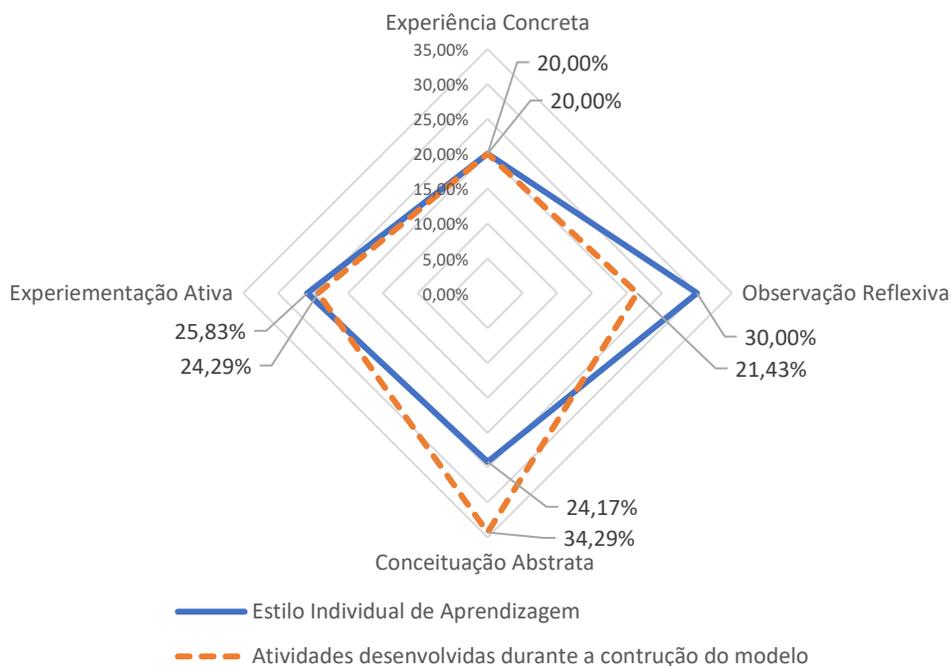
Caracterização das atividades desenvolvidas durante a construção do modelo								
Categoria	Frequência de p1	% de p1	Frequência de p2	% de p2	Frequência de p3	% de p3	Frequência de p4	% de p4
Experiência Concreta	14	20,00%	35	20,11%	0	0,00%	7	13,73%
Observação Reflexiva	15	21,43%	17	9,77%	10	37,04%	6	11,76%
Conceituação Abstrata	24	34,29%	57	32,76%	13	48,15%	17	33,33%
Experimentação Ativa	17	24,29%	65	37,36%	4	14,81%	21	41,18%
Total	70	100,00%	174	100,00%	27	100,00%	51	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Em uma primeira análise do caso de p1 temos uma pequena divergência entre o estilo de aprendizagem e a caracterização das atividades realizadas por esse participante. Enquanto na análise do estilo de aprendizagem vemos uma pequena predileção pela transformação do tipo reflexiva em detrimento da ativa, na análise das atividades realizadas por esse participante durante

a construção do modelo podemos ver uma pequena orientação para atividades consideradas como experimentação ativa, com 17 ocorrências, contra 15 ocorrências de observação reflexiva. O gráfico 8 mostra a comparação entre o estilo de aprendizagem de p1 e a caracterização das atividades desenvolvidas por ele durante a construção do modelo.

**Gráfico 8** - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a caracterização das atividades realizadas pelo participante p1



**Fonte:** Elaborado pelo autor

O gráfico 8 mostra como ocorre um deslocamento das atividades desenvolvidas por p1 durante a construção do modelo em direção a experimentação ativa quando comparamos com o “mapa” do seu estilo de aprendizagem, o que, em uma primeira análise, poderia nos levar a inferir que não existe uma correspondência consistente entre o estilo de aprendizagem individual e a aprendizagem desenvolvida pelo participante durante a construção do modelo.

No entanto, quando comparamos os tipos de aprendizagens desenvolvidas durante a construção do modelo com o estilo de aprendizagem individual do participante, o resultado se mostra diferente. O quadro 16 mostra os dados relativos à caracterização dos tipos de aprendizagem desenvolvidas pelos participantes durante a construção dos modelos.

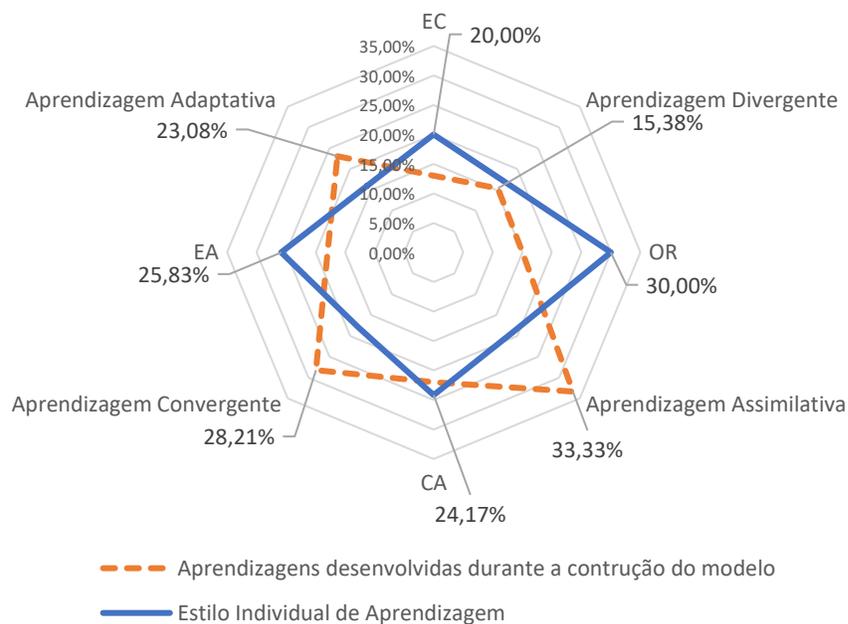
**Quadro 16** - Categorização das atividades desenvolvidas pelos participantes p1, p2, p3 e p4 de acordo com os tipos de aprendizagem da TAE

Aprendizagens desenvolvidas durante a construção do modelo								
Categoria	Frequência de p1	% de p1	Frequência de p2	% de p2	Frequência de p3	% de p3	Frequência de p4	% de p4
Divergente	6	15,38%	8	8,16%	0	0,00%	1	3,45%
Assimilativa	13	33,33%	14	14,29%	9	69,23%	6	20,69%
Convergente	11	28,21%	50	51,02%	4	30,77%	16	55,17%
Adaptativa	9	23,08%	26	26,53%	0	0,00%	6	20,69%
Total	39	100,00%	98	100,00%	13	100,00%	29	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

No caso de p1, a aprendizagem que ocorreu com maior frequência foi a assimilativa, com 33,33% dos casos, o que sinaliza uma correspondência com o estilo de aprendizagem do participante, que é assimilativo. No entanto, os dados mostram que a frequência das aprendizagens convergentes e adaptativas também foram consideráveis. Apesar do participante p1 apresentar estilo de aprendizagem assimilativo como predominante, existiu um certo equilíbrio entre os estilos de aprendizagem desse participante, o que também se refletiu na aprendizagem desenvolvida por ele durante a construção dos modelos. O gráfico 9 mostra a sobreposição entre o estilo de aprendizagem de p1 e a aprendizagem desenvolvida por ele durante a construção do modelo.

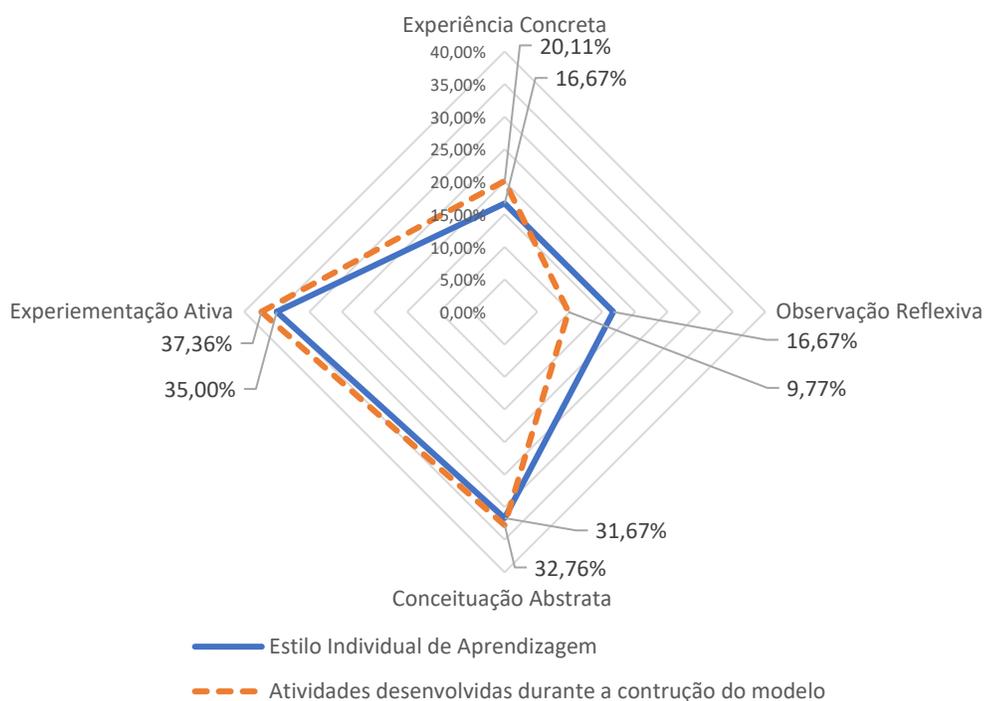
**Gráfico 9** - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida pelo participante p1 durante a construção do modelo.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Em análise semelhante realizada para o caso de p2, percebemos que existiu uma correspondência ainda mais consistente entre o seu estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida por ele durante a construção dos modelos. No gráfico 10 apresentamos a sobreposição entre a caracterização das atividades realizadas por p2 durante a construção dos modelos e o seu estilo de aprendizagem.

**Gráfico 10** - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a caracterização das atividades realizadas pelo participante p2.

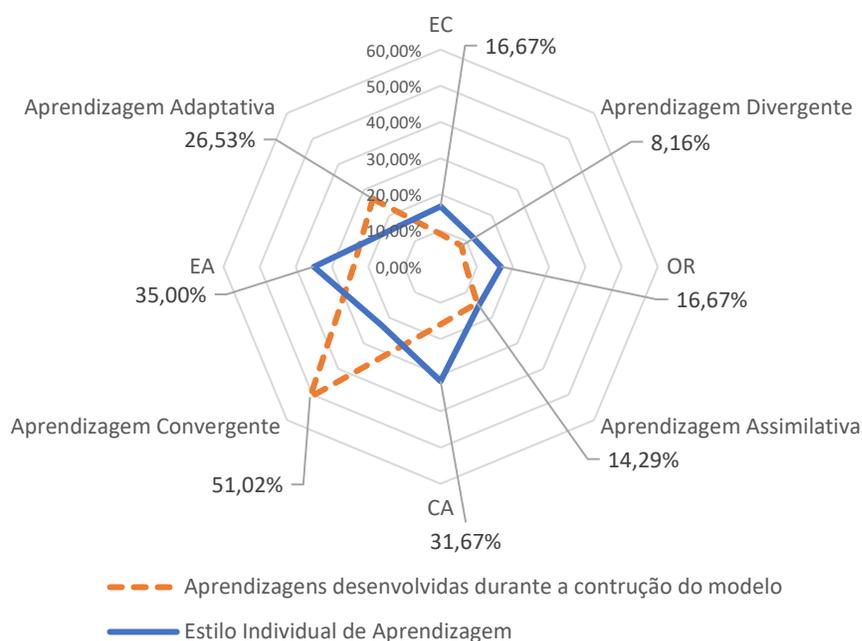


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O estilo de aprendizagem de p2 demonstrou uma orientação para o estilo convergente, com a experimentação ativa prevalecendo sobre a observação reflexiva e a conceituação abstrata sobre a experiência concreta. O mesmo ocorreu com as atividades realizadas pelo participante durante a construção do modelo, o que evidencia uma correspondência entre o estilo de aprendizagem e as atividades realizadas pelo participante durante a construção do modelo.

Em relação a aprendizagem desenvolvida por p2, também encontramos consistência nessa relação. O gráfico 11 mostra a sobreposição entre o “mapa” do estilo de aprendizagem e o “mapa” da aprendizagem desenvolvida por p2 durante a construção do modelo.

**Gráfico 11** - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida pelo participante p2 durante a construção do modelo.



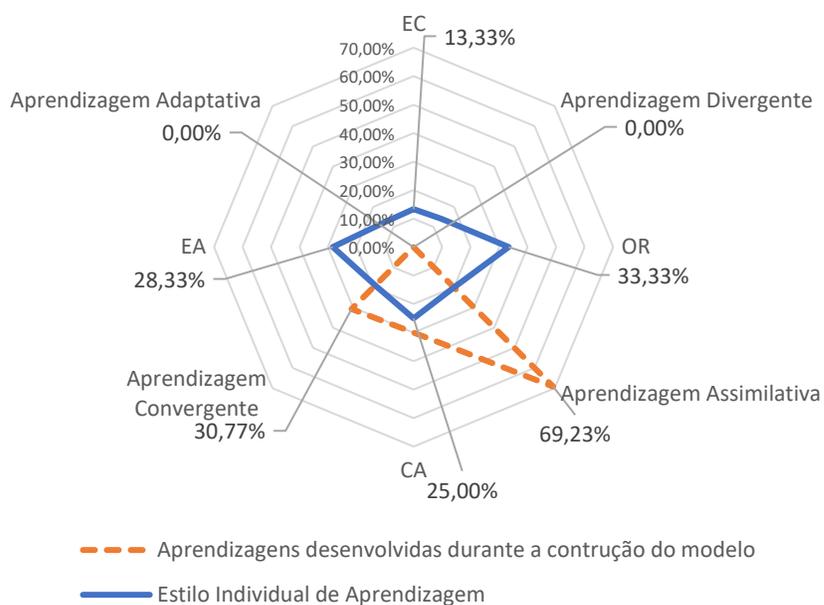
**Fonte:** Elaborado pelo autor

Pode-se ver no gráfico 11 que o tipo de aprendizagem desenvolvida por p2 com maior frequência, durante a construção do modelo, foi a convergente, com 51,02% dos casos, o que demonstra mais uma vez uma correspondência consistente entre o estilo de aprendizagem do participante e a aprendizagem desenvolvida pelo mesmo durante a construção do modelo.

Nesse ponto, nos chama a atenção o fato de os participantes p1 e p2 terem feito parte do mesmo grupo no desenvolvimento do modelo, ou seja, eles desenvolveram um mesmo modelo juntos. No entanto, a aprendizagem desenvolvida por eles teve uma orientação completamente diferente: p1 foi assimilativo e p2 foi convergente, orientações que coincidem com os estilos de aprendizagem dos dois. A mesma correspondência ocorre nos casos dos participantes p3 e p4.

No caso de p3, o estilo de aprendizagem caracterizado a partir do IEA ficou orientado para o assimilativo e a aprendizagem desenvolvida durante as atividades de construção do modelo se mostrou predominantemente assimilativa, com frequência de 69,23%, como pode ser visto no gráfico 12.

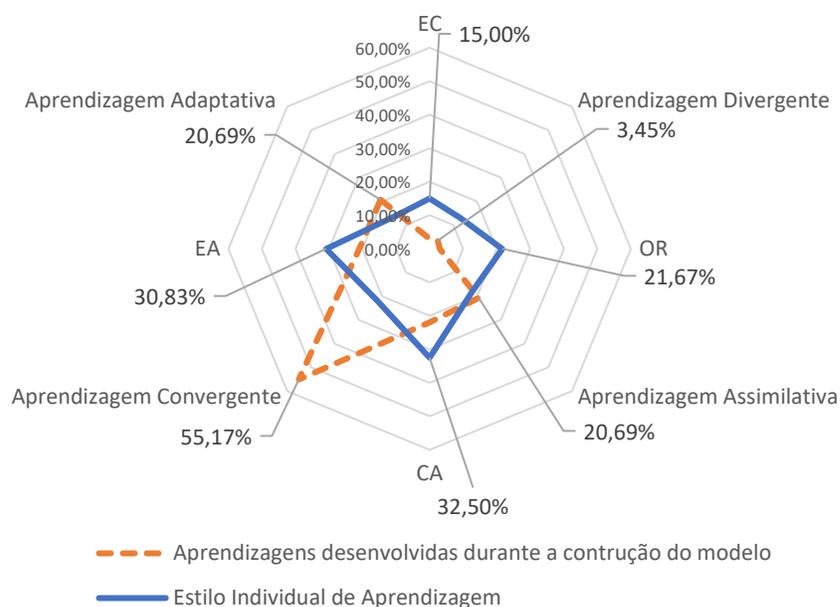
**Gráfico 12** - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida pelo participante p3 durante a construção do modelo.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

E por fim, o estilo de aprendizagem de p4 e a aprendizagem desenvolvida por ele durante a construção do modelo se mostraram, ambas, convergentes, como pode ser visto no gráfico 13.

**Gráfico 13** - Comparação entre o estilo de aprendizagem e a aprendizagem desenvolvida pelo participante p4 durante a construção do modelo.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Essa tendência de correspondência entre o estilo de aprendizagem individual e a aprendizagem desenvolvida pelos participantes durante a construção dos modelos, demonstrada a partir dos dados aqui apresentados, nos leva a inferir que ocorreu uma influência considerável do estilo de aprendizagem individual dos participantes na aprendizagem desenvolvida por eles durante a construção dos modelos e mesmo em trabalhos de construção de modelos que proporcionaram mais oportunidades para a aprendizagem de algum dos tipos de conhecimento da TAE. O estilo de aprendizagem individual dos participantes se mostrou um fator determinante na orientação da sua aprendizagem e desenvolvimento.

## 7.2. Análise das entrevistas

Nesta seção apresentamos a análise realizada a partir dos dados coletados por meio das entrevistas. A seção foi organizada de acordo com as questões que compuseram a entrevista semiestruturada:

- Questão 1: Como surgiu o interesse de vocês pelo tema relacionado a construção do modelo?

- Questão 2: O que vocês tiveram que fazer para desenvolver a pesquisa teórica para a construção do modelo?
- Questão 3: O que vocês tiveram que aprender para desenvolver a pesquisa teórica para a construção do modelo?
- Questão 4: O que vocês tiveram que fazer para desenvolver a implementação e a montagem do modelo?
- Questão 5: O que vocês tiveram que aprender para desenvolver a implementação e a montagem do modelo?

Foram realizadas entrevistas com 32 participantes, que correspondem a 18 trabalhos.

*Questão 1: Como surgiu o interesse de vocês pelo tema relacionado a construção do modelo?*

Quando classificamos os motivos relatados pelos estudantes em duas categorias relativas aos modos de apropriação das experiências descritos na TAE, concretas ou abstratas, os dados apresentam um equilíbrio nos resultados. O quadro 17 mostra que 46,43% das respostas puderam ser associadas a experiências concretas e 53,57% a conceituações abstratas.

**Quadro 17** - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 1

Categorias	Códigos	Exemplos	Frequências			
			Ocorrência de cada código	Percentual em relação ao total de ocorrências da categoria	Ocorrência de cada categoria	Percentual em relação ao total de ocorrências
Experiência Concreta	Contato com personalidade ligada ao tema	<i>"O tema mesmo, veio desde o ensino fundamental, quando eu estudava os marcos históricos da radioatividade e dos processos nucleares, para mim especialmente a Mari Curie, eu me interessei muito por ela, especialmente pelo fato dela ser uma mulher na ciência, desde aquela época eu já gostava muito desse tema e queira estudar isso, o tema surgiu desde antes, em aulas de química básica sobre o assunto".</i>	1	7,69%	13	46,43%

	Contato com sistema modelado por meio de filmes, séries.	<i>"[...] e aí nessa mesma época ele passou um trabalho para gente sobre um filme que chama interestelar [...] a gente gosta muito do filme, e a gente conhecia o filme antes e a gente achou que era uma boa ideia pegar essa linha de raciocínio".</i>	2	15,38%		
	Contato direto com a problemática alvo do sistema modelado	<i>" [...] como não faz muito tempo também que eu terminei o ensino médio, eu entendo a dificuldade que o pessoal tem em relação a muitas matérias de química [...]"</i> <i>"Foi mais na época por causa do rompimento de diversas barragens né."</i>	7	53,85%		
	Contato direto com META anterior	<i>" [...] participar da META, no primeiro ano eu nem sabia direito o que que era e tal, aí eu fui na exposição gostei muito e fiquei com vontade de fazer né, de participar, no segundo ano [...]"</i>	1	7,69%		
	Contato direto com o sistema a ser modelado	<i>" [...] a gente vê por exemplo como apertar um botão e o controle do portão abrir, isso já seria uma automação residencial bem mais simples, mas eu posso falar que ela é, então a gente resolveu juntar isso tudo colocar numa maquete".</i>	2	15,38%		
Conceituação Abstrata	Orientador sugere e proporciona contato com entidade, sistema ou problemática.	<i>" [...] e a gente teve um professor no terceiro ano, que ele era novato no CEFET, ele é jovem, então ele estava muito empolgado com o CEFET, animado, então ele chamou a sala inteira, marcou uma reunião com quem quiser ir, para falar sobre a META e que ele estava disposto a ser orientador dos grupos foram lá, então aí eu fui [...]"</i> <i>"Ano passado né, 2019 foi o ano internacional da Tabela Periódica né, 150 anos e aí a nossa professora, a nossa orientadora, juntamente com outro professor levaram para gente uma apresentação falando né, sobre a importância que fazer a tabela periódica teve para química, para a ciência atual e levou um tanto de coisa relacionado a tabela periódica, livros-</i>	11	73,33%	15	53,57%

		<i>jogos, canecas, despertou interesse na turma [...]"</i>				
	Contato com sistema ou entidade por meio de leitura	<i>" [...] eu li sobre o tema e tal, achei muito interessante, tanto do tema quanto à aplicação que eles fizeram né, que é uma simulação no GTA San Andreas, no servidor que a gente simula os veículos autônomos, então foi nesse momento mesmo, [...]"</i>	1	6,67%		
	Iniciação científica	<i>"Acho que o nosso caso é um pouco diferente, porque como era um projeto de iniciação científica, acabou que não foi a gente escolheu, surgiu o interesse da gente entrar na iniciação científica no caso [...]"</i>	3	20,00%		
	<b>Totais</b>		28		28	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Boa parte das respostas dos participantes sobre seu interesse pelo tema do trabalho puderam ser relacionadas ao código “orientador sugere e proporciona contato com entidade, sistema ou problemática” com 73,33% das ocorrências na categoria conceituação abstrata, a “iniciação científica” aparece em seguida com 20,00% dessa categoria. Percebemos aqui a importância da iniciação científica e da iniciativa dos orientadores ao proporem trabalhos aos estudantes. Metade de todos os trabalhos (14) vieram das iniciativas dos orientadores dentro ou fora de um programa de iniciação científica, que de forma verbal, proporcionam aos estudantes contato com uma

problemática, sistema ou entidade a ser modelada, e por ser verbal, consideramos essa forma de apropriação da experiência como abstrata.

O “contato direto com a problemática alvo do sistema modelado”, com 53,85% das respostas na categoria experiência concreta, também se mostrou muito relevante na promoção do interesse dos estudantes pelos temas. O exemplo de resposta: *"Foi mais na época por causa do rompimento de diversas barragens"*, demonstra que o interesse pela construção do modelo partiu de um problema real.

Esse componente motivacional, fundamentado na experiência concreta, tem um papel importante no processo de aprendizagem. Kolb (2015, p.59) destaca que a experiência pessoal imediata é o ponto focal do aprendizado, dando vida, textura e significado pessoal subjetivo a conceitos abstratos. O autor completa dizendo que o impulso da experiência concreta dá às ideias sua força motriz, e as ideias dão direção ao impulso. Dessa forma podemos destacar o papel fundamental das experiências concretas como ponto de partida para realização dos trabalhos, contribuindo na aprendizagem e no desenvolvimento dos estudantes durante a construção dos modelos, sendo a força motriz e motivacional nesse processo. Dewey (1933), *apud* Kolb (2015, p.21) argumenta que o processo reflexivo parece iniciar apenas quando estamos "presos" em um problema ou dificuldade, ou "atingido" pela estranheza de algo fora de nossa experiência usual. Kolb (*idem*) diz que Paulo Freire faz uma colocação semelhante, argumentando que uma experiência direta intensa, que ele chamou de "espanto" ou choque, era necessária para o aprendizado profundo (KOLB, 2015, p.21).

*Questão 2: O que vocês tiveram que fazer para desenvolver a pesquisa teórica para a construção do modelo?*

Classificamos as respostas em categorias baseadas nos modos de aprendizagens da TAE no Quadro 18.

**Quadro 18** - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 2

Categorias	Códigos	Exemplos	Frequências			
			Ocorrência de cada código	Percentual em relação ao total de ocorrências da categoria	Ocorrência de cada categoria	Percentual em relação ao total de ocorrências
Observação Reflexiva	Consulta em manuais técnicos	<i>"A gente teve sim um embasamento teórico, eu não lembro exatamente qual foi o livro que a gente consultou, mas era um manual de energia fotovoltaica".</i>	3	10,71%	28	59,57%
	Instrução de orientador ou coorientador	<i>"[...] a gente se orientou muito pelo que o nosso professor explicou mesmo né [...]"</i>	7	25,00%		
	Busca e leitura de artigos, dissertações, teses ou livros	<i>"Sim, sim, a gente usou como base principal o trabalho do Rodrigo que é o que tinha falado tudo sobre a plataforma, que era uma tese de graduação, no trabalho de conclusão de curso dele, que foi o principal, mas teve outros artigos [...]"</i>	12	42,86%		
	Pesquisa bibliográfica	<i>"A gente começou a iniciação científica com uma revisão bibliográfica, buscando sempre fins pacíficos para a utilização desses processos nucleares né [...]"</i>	2	7,14%		
	Pesquisa em sites de empresas	<i>"O que eu me recordo de pesquisa mesmo é que a gente pesquisou empresas que atuam nessa área já, entender mais a fundo assim, sobre alguns problemas relacionados..."</i>	3	10,71%		
	Pesquisar em fóruns na internet	<i>"[...] bit hub a gente usou muito, que é um site de código aberto que algumas pessoas deixam lá um código explicado, que tem uma IA, um fórum".</i>	1	3,57%		
Conceituação Abstrata	Escrever artigo científico	<i>"[...] na hora da gente escrever um documento que a gente fez uma conferência científica, que a gente participou, a gente precisa de muita ajuda orientador, a gente não sabia escrever artigos científicos né [...]"</i>	2	10,53%	19	40,43%

	Escrever o banner para apresentação	<i>"[...] no dia que eu estava fazendo o banner, aí a gente já tinha feito outros para META e para CeT [...]"</i>	17	89,47%		
	<b>Totais</b>		47		47	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Os dados mostram que a maior parte das respostas puderam ser relacionadas ao modo de transformação por observação reflexiva, com 59,57% das ocorrências, e com 40,43% tivemos duas atividades relacionadas a conceituação abstrata.

A busca e leitura de artigos, dissertações, teses ou livros foi a atividade com maior ocorrência dentro da categoria observação reflexiva, com 42,86% dos casos, somada ao código “pesquisa bibliográfica”, que representa 7,14%, essas atividades, fortemente ligadas a realização de pesquisas científicas, correspondendo a 50% das formas de observação reflexiva relatadas pelos estudantes entrevistados. A instrução por parte do orientador também aparece de forma expressiva na categoria, com 25% dos casos.

A confecção do banner foi relatada por todos os participantes entrevistados, correspondendo a 89,47% das ocorrências na categoria conceituação abstrata, os outros 10,53% correspondem a confecção de artigo científico. Entendemos que a elaboração do banner ou de artigo científico podem ser consideradas formas de externalização da representação figurativa e por esse motivo consideramos essas atividades como conceituação abstrata.

Esses dados nos mostram quais foram as principais atividades relacionadas a pesquisa científica realizadas pelos participantes durante o processo de construção dos modelos: a busca e leitura de artigos, dissertações, teses ou livros, pesquisa bibliográfica, escrever artigo científico e banner para apresentação, além da instrução do orientador. Esses dados corroboram os dados coletados por meio dos diários de bordo. A realização de leitura, estudo ou pesquisa e a instrução de orientador ou coorientador já apareciam de forma significativa na análise dos diários, no entanto, a confecção de banner para apresentação e do artigo científico aparecem lá com menos destaque.

A análise realizada até aqui foi capaz de identificar as principais atividades realizadas pelos estudantes durante a construção dos modelos relacionadas aos modos de aprendizagem da experiência concreta, observação reflexiva e conceituação abstrata, gerando oportunidades a eles para aprendizagens do tipo divergente e assimilativas. Essas atividades retratam, no nosso

entendimento, oportunidades para o desenvolvimento de habilidades ligadas a realização de pesquisas científicas.

*Questão 3: O que vocês tiveram que aprender para desenvolver a pesquisa teórica para a construção do modelo?*

Essa questão teve como objetivo identificar as atividades relativas às etapas de pesquisa teórica, em que os estudantes consideraram a existência de aprendizado para executá-las. Os resultados podem nos indicar quais são as atividades, durante a construção dos modelos, em que os estudantes estavam em um nível inicial de desenvolvimento, e dessa forma, sinalizar as atividades com maior potencial para o desenvolvimento de habilidades.

Ao classificarmos as unidades de registro contidas nas respostas em categorias baseadas na TAE, como fizemos nas questões anteriores, percebemos que a maioria delas puderam ser interpretadas como “buscar, organizar e filtrar material de pesquisa”, 50% do total de enunciações. Essa atividade foi categorizada como observação reflexiva. O quadro 19 mostra os resultados.

**Quadro 19** - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 3

Categorias	Códigos	Exemplos	Frequências	
			Ocorrência de cada código	Percentual em relação ao total de ocorrências
Observação Reflexiva	Buscar, organizar, filtrar material de pesquisa	<p><i>"Então eu tenho a sensação de que conforme a gente foi se acostumando com a literatura acadêmica com a forma de pesquisa para mim dela tem uma organização tanto do projeto mais uma organização pessoal também foi então fica mais fácil mas tranquilo."</i></p> <p><i>"No início que você tá muito amplo ainda, muito geral, você acaba encontrando várias coisas né, várias informações e na época pelo menos foi difícil para mim assimilar, mas aí então a gente especificou mais né, fez mais filtro para fazer a busca aí foi ficando mais tranquilo,"</i></p> <p><i>"[...] aprendi a filtrar de informação, informação que eu vejo de site que eu sei que é bom para procurar no final de 2019, não tem nem comparação de tanto que eu aprendi sabe."</i></p>	9	50,00%
Conceituação Abstrata	Operar ferramenta computacional para edição de texto científico	<i>"a gente teve que aprender, assim meio que na marra, questão da formatação de texto no Latex né [...]"</i>	1	5,56%

-	Ausência de aprendizado específico para realizar pesquisas teóricas	<p><i>"Foi tranquilo, a gente já tinha mais costume, mas é um tipo diferente né, de pesquisa quando pesquisar você vai pesquisar artigo, mas desde o primeiro ano no CEFET já era familiar para a gente trabalhar com esse tipo de questão, de pesquisa".</i></p> <p><i>"Eu acho que ele acabou sendo bem tranquilo porque como é uma matéria de ensino médio né, comum, foi bem fácil de encontrar recursos, encontrar materiais sobre o assunto né,"</i></p> <p><i>"[...] não até que hoje em dia né, com presente uso do Google, é uma coisa bem mais fácil de vocês encontrar artigos, procurar ajuda, porque basicamente dois cliques e você encontra né, então com isso foi bem tranquilo essa parte de procurar artigos".</i></p>	8	44,44%
	<b>Totais</b>		18	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Tivemos também uma declaração de aprendizagem relacionada a operação de ferramenta computacional para edição de texto científico, o que corresponde a 5,56% do total.

Se comparamos as unidades de registro contidas nas respostas das questões 2, o que os estudantes tiveram que fazer, e questão 3, o que eles tiveram que aprender, percebemos que existe um alinhamento entre as respostas. Na questão 2 ficaram em destaque a “busca e leitura de artigos, dissertações, teses ou livros” e a “realização de pesquisa bibliográfica”, enquanto na questão 3 eles relatam que tiveram que aprender a buscar, organizar e filtrar material de pesquisa. Portanto, boa parte dos estudantes relataram, não só, que executaram essas atividades, mas que tiveram que aprender para fazê-las.

Entendemos que aqueles estudantes que já estavam em um nível avançado de desenvolvimento para realizar essas atividades, não consideraram que tiveram que aprender a executá-las durante o processo de construção dos modelos, o que pode explicar as muitas declarações interpretadas como “ausência de aprendizado específico para realizar pesquisas teóricas”, 8 ocorrências, o que corresponde a 44,44% do total. Nesses casos os estudantes consideraram que para realizar as pesquisas durante a construção dos modelos não tiveram que aprender nada específico para realizá-las, o que não significa que o aprendizado e desenvolvimento deles tenha sido nulo; apenas que podem ter ocorrido em níveis mais avançados do desenvolvimento, tornado mais difícil a sua percepção por parte dos estudantes.

*Questão 4: O que vocês tiveram que fazer para desenvolver a implementação e a montagem do modelo?*

O quadro 20 mostra o resultado do agrupamento das unidades de registro contidas nas respostas fornecidas pelos entrevistados. Os dados mostram que todas as atividades foram entendidas como experimentação ativa. O que faz muito sentido, haja vista que a implementação e a montagem consistem nas etapas práticas da construção do modelo.

**Quadro 20** - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 4

Categoria	Código	Exemplos	Frequências	
			Ocorrência de cada código	Percentual em relação ao total de ocorrências
Experimentação Ativa	Desenho com ferramenta computacional	<i>"Foram duas partes em relação a isso que você está me perguntando, realmente a parte do CAD né, mas que a minha dupla né, ela já tinha conhecimento né, mais ou menos, o curso não fornecia essa parte para gente sabe [...]"</i>	5	13,51%
	Desenvolvimento e montagem de circuitos eletroeletrônicos	<i>" [...] a parte elétrica a gente montou inteira fora da maquete antes, para estar todos os circuitos o funcionamento e aí depois tivemos que remontar na casa [...]"</i>	6	16,22%
	Especificar materiais para a construção do modelo	<i>"Foi complicado pensar em quais materiais a gente ia usar, algumas coisas não davam certo, então essa parte foi muito complicada [...]"</i>	1	2,70%
	Impressão 3D	<i>" [...] a impressão 3D que é uma coisa que a gente trabalhou a parte também [...]"</i>	1	2,70%
	Programação, desenvolvimento de algoritmos digitais	<i>"Por trás do exoesqueleto também tinha muitas linhas de programação, e isso que mais mandava [...]"</i>	8	21,62%
	Realização de testes, ensaios.	<i>"Basicamente sempre, a gente ficava fazendo testes constantes, por que uma hora funcionava e no dia seguinte a simplesmente parava de funcionar, então no geral a gente toda hora tinha que estar testando [...]"</i>	5	13,51%

	Trabalhos manuais, corte, dobra, colagem, pintura, montagens, soldagem	<i>"Teve, na parte de acabamento, pra ficar bonita a impressão e tal, a gente lixou algumas peças, muitas peças a gente teve que colar elas, porque não dava para fazê-las inteiras na impressão 3D [...]"</i>	11	29,73%
	<b>Totais</b>		37	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Esses dados nos mostram que as principais atividades declaradas nas entrevistas pelos estudantes nessa etapa da construção dos modelos foram: desenho com ferramenta computacional, com 13,51%, desenvolvimento e montagem de circuitos eletroeletrônicos, com 16,22%, programação, desenvolvimento de algoritmos digitais, com 21,62%, realização de testes, ensaios, com 13,51%, e trabalhos manuais, corte, dobra, colagem, pintura, montagens, soldagem, com 29,73%, totalizando 94,6% das unidades de registro associadas a essa questão.

Quando comparamos esses dados com os dados coletados por meio dos diários de bordo percebemos que existe uma correspondência entre eles. As atividades relacionadas aqui, já apareciam em destaque na análise realizada lá, principalmente a programação e desenvolvimento de algoritmos digitais e os trabalhos manuais.

*Questão 5: O que vocês tiveram que aprender para desenvolver a implementação e a montagem do modelo?*

Semelhante a questão 3, a questão 5 foi formulada com o objetivo de identificar as atividades relativas às etapas de implementação e montagem, em que os estudantes consideraram a existência de aprendizado para executá-las. Os resultados nos indicam quais foram as atividades, durante da construção dos modelos, em que os estudantes estavam em um nível inicial de desenvolvimento, e dessa forma, sinalizar as atividades com maior potencial para o desenvolvimento de habilidades. O quadro 21 mostra os resultados.

**Quadro 21** - Codificação e categorização das unidades de registro consideradas nas respostas à questão 5.

Categorias	Código	Exemplos	Frequências	
			Ocorrência de cada código	Percentual em relação ao total de ocorrências
Observação Reflexiva	Assimilar conceitos científicos ou tecnológicos	<i>"Assim, o modelo virtual que a gente fez, era uma preocupação logo de início, porque apesar da gente ter conhecimento técnico para montar um site, eu acho que o modelo de demonstração que a gente fez a gente não tinha muita ideia de como, de onde partir para aquilo ser feito, e assim, mais na parte teórica apesar do nosso modelo ter sido bem simplificado né, a gente, eu acho que a parte da física por si só, foi também um desafio [...]"</i>	8	26,67%
Conceituação Abstrata	Apresentar trabalho	<i>"Tiveram duas coisas, primeiro eu acho que com certeza na forma de apresentar o trabalho, quanto mais eu apresentava, mais eu gostava de explicar tudo, tirar dúvidas e tal. Isso com certeza refletiu em outros trabalhos que eu apresentei depois".</i>	1	3,33%
Experimentação Ativa	Desenvolver e montar circuitos eletroeletrônicos	<i>"Na verdade, para fazer a maquete eu acho que não, o que a gente tinha que estudar era mais as ligações elétricas da catraca com a placa, coisas assim".</i>	2	6,67%
	Linguagem de programação	<i>"A linguagem de programação base do projeto, que a proposta era usar pítton, uma das linguagens de programação mais usada no mundo atualmente, então primeiro a gente usou um site, chama code academy, eu estou até usando-o hoje para aprender outras linguagens, a gente usou para aprender o pítton [...]"</i>	8	26,67%

	Operar ferramentas computacionais de desenho, simulação e impressão 3D	<i>"Bem a gente destaca principalmente o uso do software né para fazer as placas ou uma coisa que a gente melhorou muito né que a gente fazia um jeito assim não profissional vamos dizer assim e a gente evoluiu para uma coisa que podemos dizer que chega próximo ao nível profissional se não é o nível profissional [...]"</i>	7	23,33%
	Operar ferramentas para realizar trabalhos manuais, corte, dobra, colagem, pintura, montagens, soldagem	<i>" [...] da montagem ali mesmo, que seria coisa de marcenaria, coisa a gente para fazer a base foi complicado, para colar, juntar os pedaços a gente, tipo de cola, que a gente não sabe o tipo de cola específico, por exemplo, que a gente tinha que usar, como que a gente ia montar uma base, esse tipo de coisa também a gente teve que buscar porque não era uma coisa que a gente tinha experiência né [...]"</i>	4	13,33%
	<b>Totais</b>		30	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor

A aprendizagem relacionada à linguagem de programação aparece em destaque, com 26,67% das unidades de registro consideradas nas respostas dessa questão. Diante desse dado podemos ver que parte dos estudantes entrevistados consideram que, não somente tiveram que executar essa atividade, mas também tiveram que aprender a linguagem de programação para usá-la durante a construção dos modelos. Outro dado que nos chama a atenção é o índice de aprendizagem referente a operação de ferramentas computacionais de desenho, simulação e impressão 3D, que aparece em 23,33% das unidades de registro. Operar ferramentas para realizar trabalhos manuais, corte, dobra, colagem, pintura, montagens, soldagem aparece com 13,33%. Essas atividades somam 63,33% do total, o que nos indica quais foram as principais atividades em que os estudantes se viam em estágios iniciais do seu desenvolvimento. Esses dados apontam quais foram as atividades que possibilitaram um desenvolvimento de habilidades que puderam ser percebidos com mais facilidade pelos estudantes.

### 7.3. Análise dos questionários

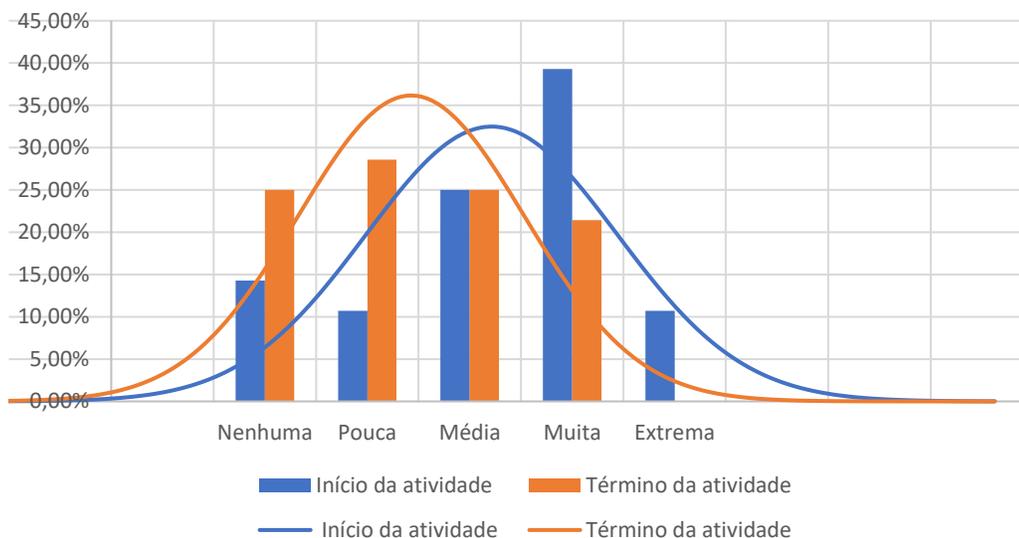
Apresentamos nesta seção a análise realizada a partir dos dados coletados por meio dos questionários. A seção está organizada da seguinte forma: uma subseção referente às habilidades relacionadas às atividades divergentes e assimilativas e outra subseção referente às habilidades relacionadas às atividades convergentes e adaptativas. O objetivo da análise realizada aqui foi o de avaliar a necessidade de mediação dos participantes no início e no final da realização das atividades e, dessa forma, inferir sobre o desenvolvimento de habilidades decorrente dessas atividades.

#### 7.3.1. Habilidades relacionadas às atividades divergentes e assimilativas

- *Questão 1: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a fazer buscas de materiais bibliográficos**, usando bases como google acadêmico, IEEE, Scielo, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 2: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de fazer buscas de materiais bibliográficos**, usando bases como google acadêmico, IEEE, Scielo, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 28 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento do modelo e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 14.

**Gráfico 14** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação dos participantes para fazer buscas de materiais bibliográficos.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição das frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 3,21, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre média e muita. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de 2,43, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. O gráfico 14 mostra um deslocamento entre as curvas normais de início da atividade e de término da atividade. Esse deslocamento reflete a variação na média da necessidade de mediação e como houve uma redução nessa necessidade por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos dados pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências. Os participantes foram codificados como p1, p2, p3..., e assim por diante:

**p1:** “No início da busca foi um pouco complicado porque nunca tinha feito um trabalho desse tipo, então precisei consultar nosso orientador para aprender a selecionar melhor as fontes, traduzir as informações e saber os melhores meios de prosseguir com a pesquisa. No final eu já estava mais acostumado com o processo, então não necessitava mais de tanta orientação para finalizar o processo de pesquisa”.

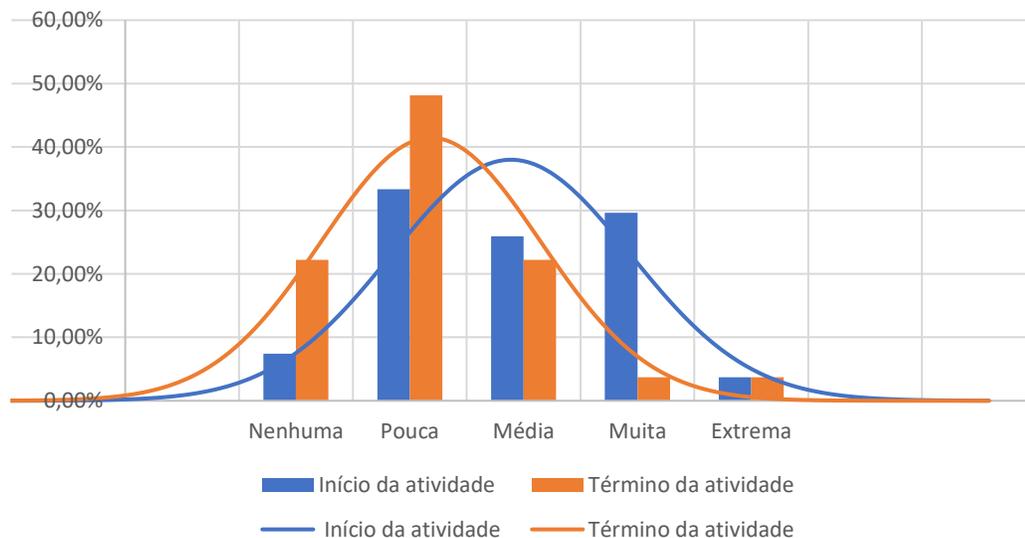
**p2:** “Começamos o trabalho já com alguns materiais de pesquisa e foi difícil pesquisar temas mais avançados do que tínhamos conhecimento, com o tempo fomos achando, com orientação, formas mais simples de entender os conceitos nos permitindo abrir para temas mais complexos”.

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo a medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- **Questão 3:** Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a organizar material bibliográfico** durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.
- **Questão 4:** Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de organizar material bibliográfico** durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

Um total de 27 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento do modelo e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 15.

**Gráfico 15** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para organizar materiais bibliográficos.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequência para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 2,89, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é

de 2,19, o que também corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média, mas nesse caso mais próxima de pouca do que no início da atividade. Como houve uma redução nessa necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos dados pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências.

**p1:** *“Quando começamos, não tínhamos muita ideia de como fazer e também era muita coisa, mas depois foi ficando um processo mais natural.”*

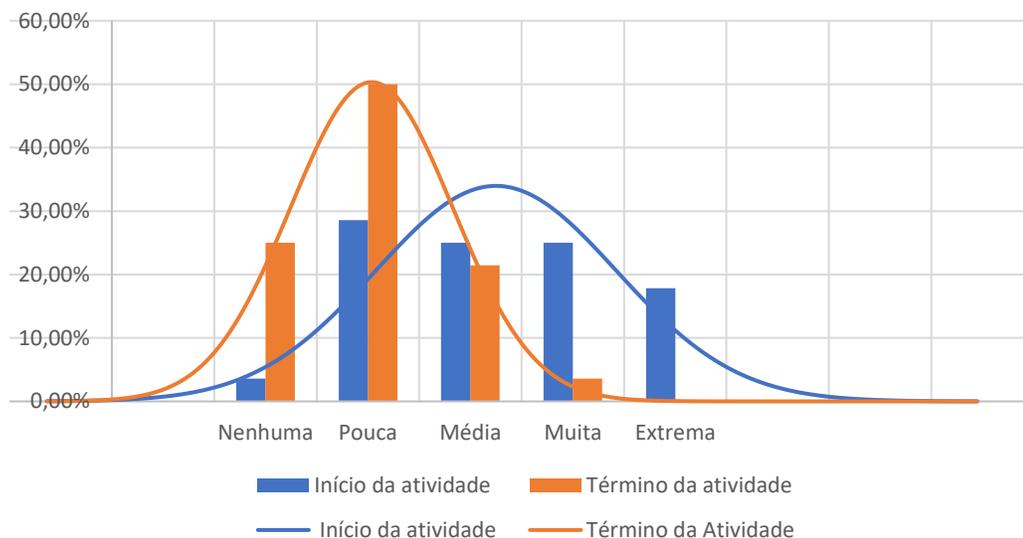
**p2:** *“Com o tempo nos acostumamos com a atividade e passamos a organizar o material de forma autônoma.”*

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- *Questão 5: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a assimilar conceitos e teorias** durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 6: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de assimilar conceitos e teorias** durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 28 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento do modelo e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 16.

**Gráfico 16** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para assimilar conceitos e teorias.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 3,25, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre média e muita. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de 2,04, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média e nesse caso mais próxima de pouca mediação. Como houve uma redução nessa necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos dados pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências.

**p1:** “Como o tema do nosso trabalho tinha muitos assuntos que eu não dominava ou nunca tinha ouvido falar, precisei de muita ajuda no começo, mas depois de eu ter compreendido eu não precisei de tanta ajuda”.

**p2:** “No início, as teorias e conceitos eram estranhos para o grupo, mas ao voltar alguns passos e entender os fundamentos e de onde elas vieram, o estudo se tornou mais fácil”.

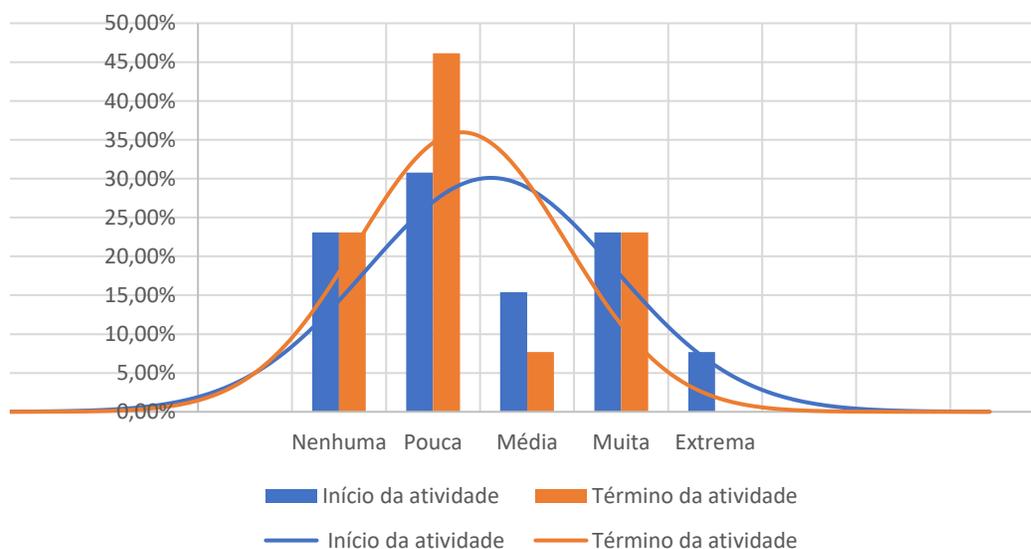
**p3:** “Fui me familiarizando com a atividade e ficou mais fácil”.

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- *Questão 7: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a coletar dados em campo usando formulário, questionário ou entrevista**, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 8: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de coletar dados em campo usando formulário, questionário ou entrevista**, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 13 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento do modelo e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 17.

**Gráfico 17** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para coletar dados em campo usando formulário, questionário ou entrevista



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 2,62, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é

de 2,31, o que também corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Nesse caso podemos observar que a redução na necessidade média de medição foi pequena, o que pode ser explicado pelo índice considerável de participantes que relataram pouca ou nenhuma necessidade de mediação já no início da execução dessa atividade, 50% das respostas. Esse dado indica que esses estudantes já possuíam um bom nível de desenvolvimento dessas habilidades no início da atividade, não necessitando de mediação.

Alguns exemplos de relatos dados pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências.

**p1:** *“No início do trabalho não realizamos atividades de coleta de dados, isso foi necessário para avaliar a simulação uma vez que a criamos. A ajuda dos orientadores era importante para saber quais dados eram os mais relevantes, mas a coleta era realizada por nós sem muita dificuldade”.*

**p2:** *“Todos dados coletados foram processos fáceis, portanto não foi necessário nenhum auxílio ou consulta no começo e no fim da atividade”.*

No entanto, o gráfico 17 mostra um pequeno deslocamento entre as curvas normais de início e de término. Como houve uma redução na necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos. O relato do participante p3 corrobora essa inferência.

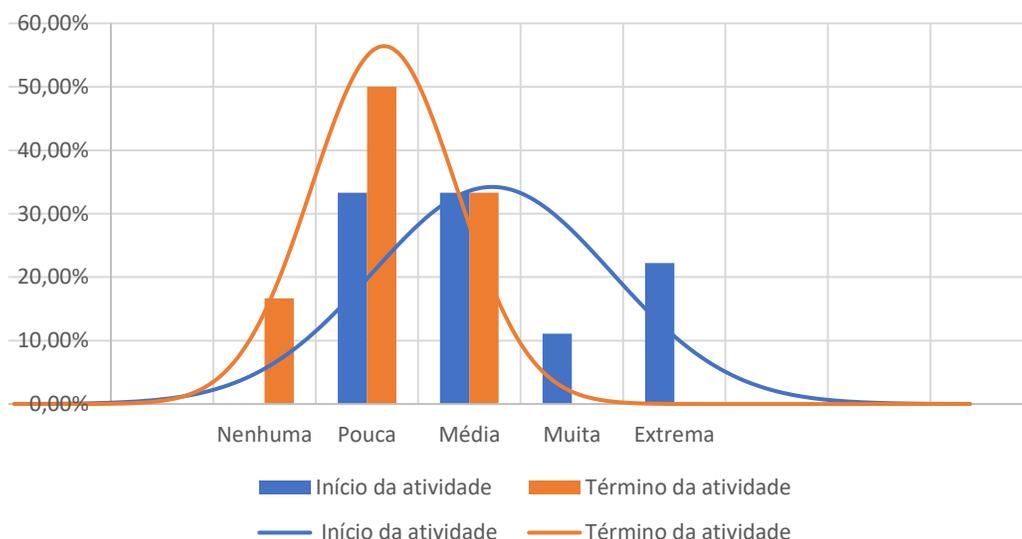
**p3:** *“Tivemos muita orientação no início e fizemos muitas pesquisas. Depois de coletar os dados em campo a gente precisou de alguma ajuda para chegar a uma conclusão desses dados”.*

Os relatos dos participantes p1 e p2 mostram que desde o início eles já realizavam essa atividade sem a necessidade de mediação. Já no caso do relato do participante p3 encontramos alguma necessidade de mediação para realizar essa atividade no início.

- **Questão 9:** *Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a realizar análise de dados usando algum método científico** durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- **Questão 10:** *Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de realizar análise de dados usando algum método científico** durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 18 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento do modelo e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 18.

**Gráfico 18** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para realizar análise de dados usando algum método científico



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 3,22, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre média e muita. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de 2,17, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Como houve uma redução na necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos dados pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências.

**p1:** “Para fazer a análise a gente precisou de muita orientação, mas depois foi mais fácil, pois tínhamos conseguido informações importantes”.

**p2:** “Fui me familiarizando com a atividade e ficou mais fácil”.

**p3:** “No começo de análise de qualquer dado era necessário um pouco de consulta, porém como o processo era muito longo e repetitivo ao fim da

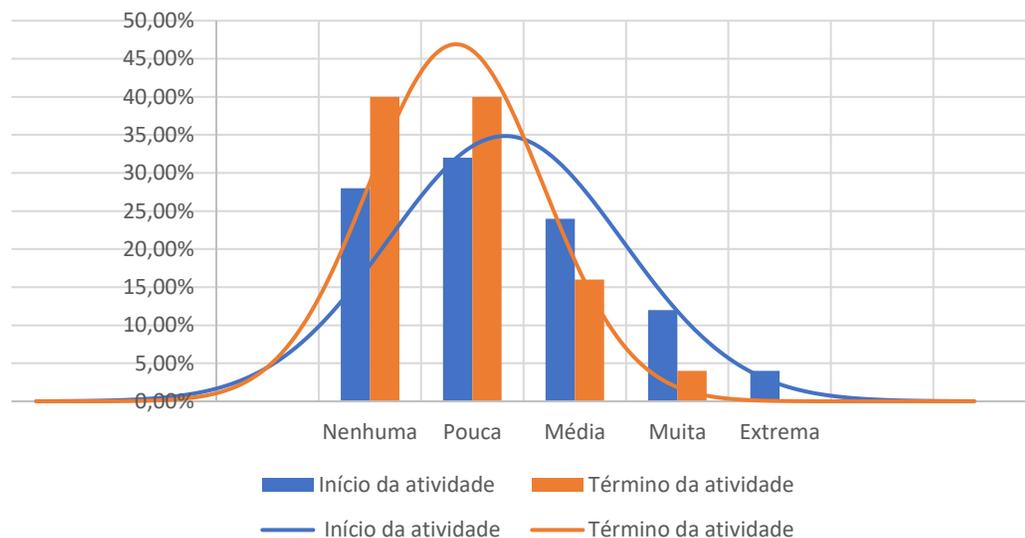
*atividade quase todas as dúvidas foram sanadas então não havia mais necessidade de consulta”.*

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- *Questão 11: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a escrever e formatar textos de acordo com normas acadêmicas**, durante desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 12: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de escrever e formatar textos de acordo com normas acadêmicas**, durante desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 25 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento do modelo e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 19.

**Gráfico 19** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para escrever e formatar textos de acordo com normas acadêmicas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 2,32, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é

de 1,84, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre nenhuma e pouca. Como houve uma redução na necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências.

**p1:** *“Escrever em formato acadêmico foi um desafio para nós, principalmente pela falta de contato com esse gênero. No segundo ano do ensino médio não estávamos habituados com ele. Com muita ajuda fomos aprendendo e obtendo autonomia para escrever artigos, mas os orientadores sempre revisavam”.*

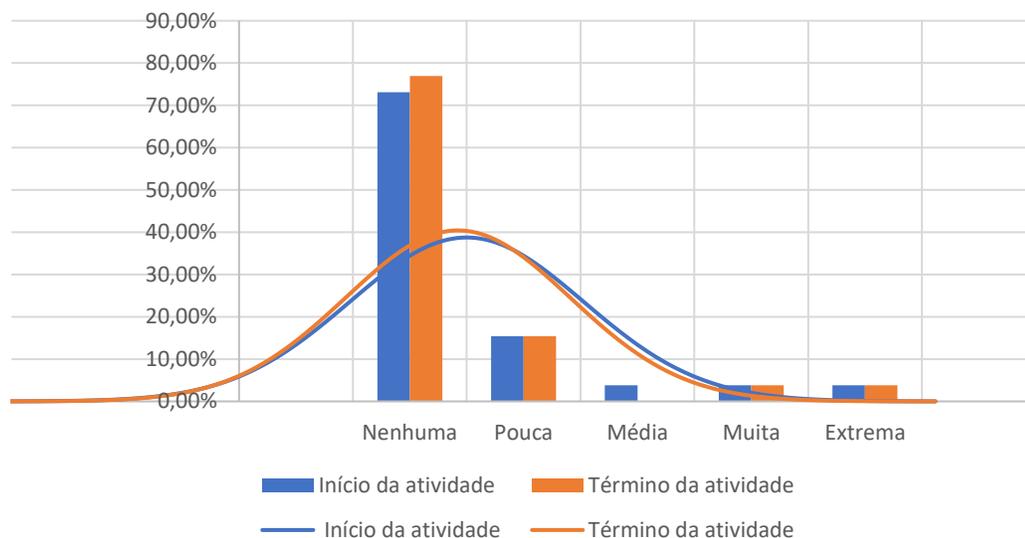
**p2:** *“A escrita de forma acadêmica era muito complexa no começo, o que exigiu muita consulta, e mesmo após as consultas, ao final dessa tarefa ainda haviam questões sobre documentação que necessitaram de consulta externa a professores experientes no assunto”.*

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- *Questão 13: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a usar ferramentas como Word, Excel, Power point**, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 14: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de usar ferramentas como Word, Excel, Power point**, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 26 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento do modelo e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 20.

**Gráfico 20** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para usar ferramentas como Word, Excel, Power point.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 1,50, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre nenhuma e pouca. A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de 1,42, o que também corresponde a uma necessidade de mediação entre nenhuma e pouca. Nesse caso podemos observar que a redução na necessidade média de medição foi muito pequena, o que pode ser explicado pelo índice considerável de participantes que relataram nenhuma necessidade de mediação já no início da execução dessa atividade, 73,08% das respostas. Esse dado indica que esses estudantes possuíam um bom nível de desenvolvimento dessas habilidades, já no início da atividade, não necessitando de mediação.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências.

**p1:** “Não só por cursarmos informática como por sermos acostumados com programas de computador, esses programas já eram de fácil entendimento para nós”.

**p2:** “Utilizamos principalmente o Word e o PowerPoint, que são ferramentas que já estávamos acostumados, então não tivemos muitas dificuldades”.

**p3:** *“Como não precisamos de realizar funções muito complexas nesses programas não foi necessária muita ajuda”.*

**p4:** *“Estou acostumada a utilizar essas ferramentas, devido os diversos relatórios e trabalhos que produzi durante o meu ano letivo”.*

Esses relatos mostram que desde o início eles já realizavam essa atividade sem a necessidade de mediação. O que, nesse caso, indica que os estudantes já tinham um nível intermediário ou até avançado de habilidades relativas à execução dessa atividade, dessa forma, o desenvolvimento passa a não ser mais perceptível a partir da necessidade de mediação, ou seja, a necessidade de mediação deixa ser uma variável de inferência adequada para refletir o desenvolvimento de habilidades dos estudantes, o que não significa que o desenvolvimento não tenha ocorrido em estágios mais avançados de habilidades.

Esse tipo de avaliação, em estágios avançados do desenvolvimento, não é o enfoque da presente pesquisa. Entendemos que para avaliar, de forma adequada, o desenvolvimento de habilidades que ocorrem em níveis avançados, outras variáveis de inferência devem ser adotadas, como por exemplo, a aferição de desempenho com critérios pré-estabelecidos.

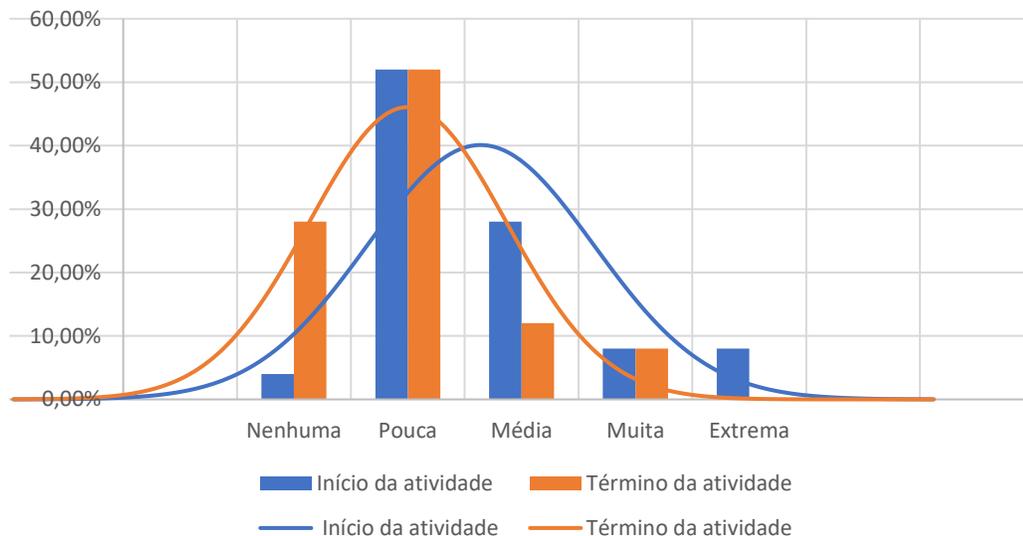
### **7.3.2. Habilidades relacionadas às atividades convergentes e adaptativas**

Na presente seção iremos apresentar a análise dos dados coletados a partir das questões referentes as atividades relacionadas à etapa de implementação e montagem dos modelos.

- *Questão 15: “Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a aplicar conceitos e teorias** compreendidos em uma situação real, realizando cálculos por exemplo, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.”*
- *Questão 16: “Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de aplicar conceitos e teorias** compreendidos em uma situação real, realizando cálculos por exemplo, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.”*

Um total de 25 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento do modelo e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 21.

**Gráfico 21** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para aplicar conceitos e teorias



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 2,64, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de exatamente 2, o que corresponde a pouca necessidade de mediação. Como houve uma redução na necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências.

**p1:** “No início, a falta de experiência em aplicação de conceitos em situação real da maquete requisitou a consulta, com o professor, de algumas dicas de como poderíamos aplicar tais conceitos, porém ao final não foi necessário mais consultá-lo”.

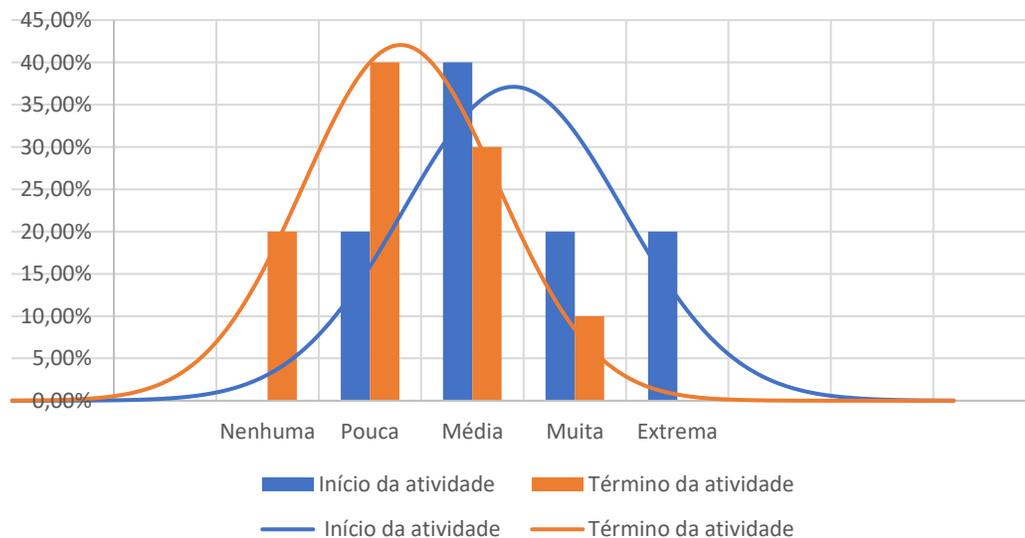
**p2:** “No começo tinha muita coisa que na realidade não funcionava então foi mais difícil, mas depois de identificar esses pontos foi mais fácil”.

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- *Questão 17: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a fazer programas e algoritmos digitais**, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 18: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de fazer programas e algoritmos digitais**, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 10 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento dos modelos e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 22.

**Gráfico 22** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para fazer programas e algoritmos digitais



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 3,40, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre média e muita. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de 2,30, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Como houve uma redução na necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas reforçam nossas inferências.

**p1:** “No início já sabia programar, porém não em tão alto nível, portanto tive que consultar a sites e fóruns, porém ao fim já havia dominado esta habilidade, não requisitando consultas”.

**p2:** “No início, tive que aprender várias coisas novas. Ao final, já estava com um bom embasamento para o projeto”.

**p3:** “Área totalmente nova para todos os membros, conhecimento adquirido durante a META”.

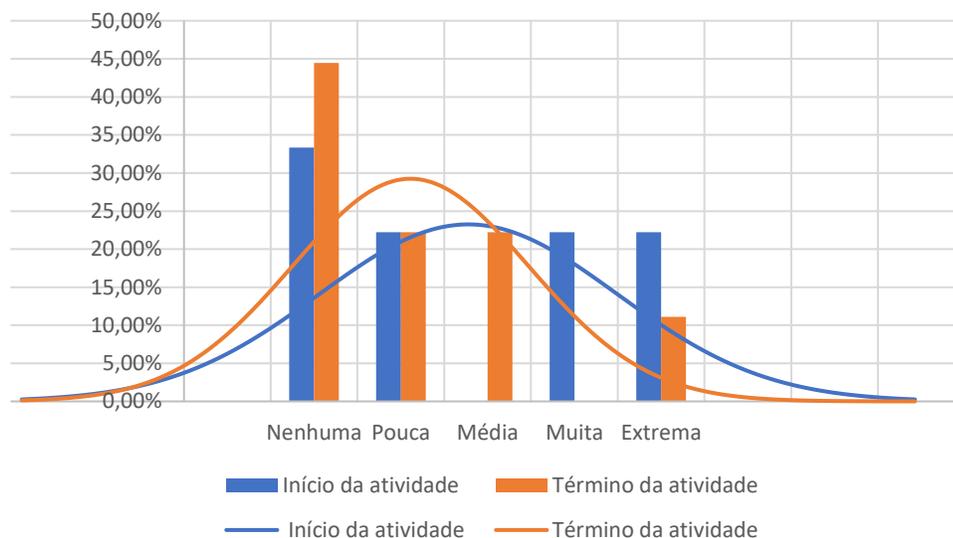
**p4:** “A parte de programação nós aprendemos do zero, por isso foi bem difícil, mesmo após já ter aprendido”.

Alguns desses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- *Questão 19: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a fazer desenhos usando alguma ferramenta de CAD**, como Auto CAD, Protheus, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 20: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de fazer desenhos usando alguma ferramenta de CAD**, como Auto CAD, Protheus, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 9 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento dos modelos e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 23.

**Gráfico 23** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para fazer desenhos usando alguma ferramenta de CAD.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início e no término dessa atividade foram, respectivamente, de 2,78 e 2,11, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Como houve uma redução, ainda que pequena, na necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas reforçam nossas inferências.

**p1:** *“Nunca havia tido contato com CAD, então vi uma série de tutoriais, que supriram minha dúvida, permitindo que ao final do processo não necessitasse de mais consultas”.*

**p2:** *“No início, tive que aprender várias coisas novas. Ao final, já estava com um bom embasamento para o projeto”.*

**p3:** *“Já sabíamos o básico, precisamos apenas aprimorar o conhecimento”.*

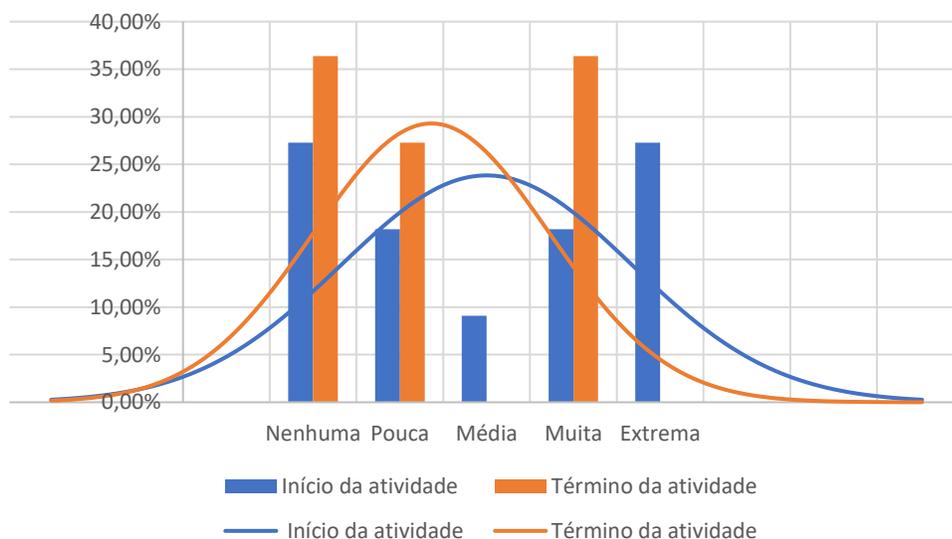
**p4:** *“Softwares de modelagem utilizados foram os já aprendidos durante o curso e os novos que utilizamos aprendemos na internet”.*

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo a medida em que eles executavam essa atividade, o que evidencia certo desenvolvimento das habilidades.

- *Questão 21: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a usar alguma ferramenta de simulação computacional** como MatLab, Oring, Protheus, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 22: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de usar alguma ferramenta de simulação computacional** como MatLab, Oring, Protheus, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 11 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento dos modelos e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 24.

**Gráfico 24** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para usar alguma ferramenta de simulação computacional.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 3,00, o que corresponde a um nível médio de necessidade de mediação. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de 2,36, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média.

No caso dessa atividade, podemos perceber que um volume considerável de participantes teve necessidade de mediação extrema no início do trabalho, essa frequência de necessidade extrema no início se transformou em muita necessidade no término da atividade. Portanto, uma quantidade considerável de participantes teve dificuldades para realizar a atividade do começo ao fim, como pode ser visto no relato do participante p1:

**p1:** *“Foi difícil durante todo o processo, porque foi uma coisa muito nova para gente e que resolvemos aprender apenas para ilustrar o trabalho.”*

Por outro lado, também tivemos participantes que necessitaram de pouca ou nenhuma mediação para executar essa atividade do início ao fim, como podemos ver nos relatos dos participantes p2, p3 e p4:

**p2:** *“Como temos familiaridade com o alguns destes softwares não foi preciso muita ajuda”.*

**p3:** *“Utilizamos apenas cálculos e plug-ins de softwares que dominávamos”.*

**p4:** *“... utilizamos os softwares sem muitas dificuldades”.*

No entanto, como houve uma redução na necessidade média de mediação por parte dos estudantes, podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas reforçam essa inferência.

**p5:** *“Já tínhamos experiência considerável para o manuseamento das ferramentas de simulação, com a META o conhecimento se tornou mais próximo do completo”.*

**p6:** *“No início, tive que aprender várias coisas novas. Ao final, já estava com um bom embasamento para o projeto”.*

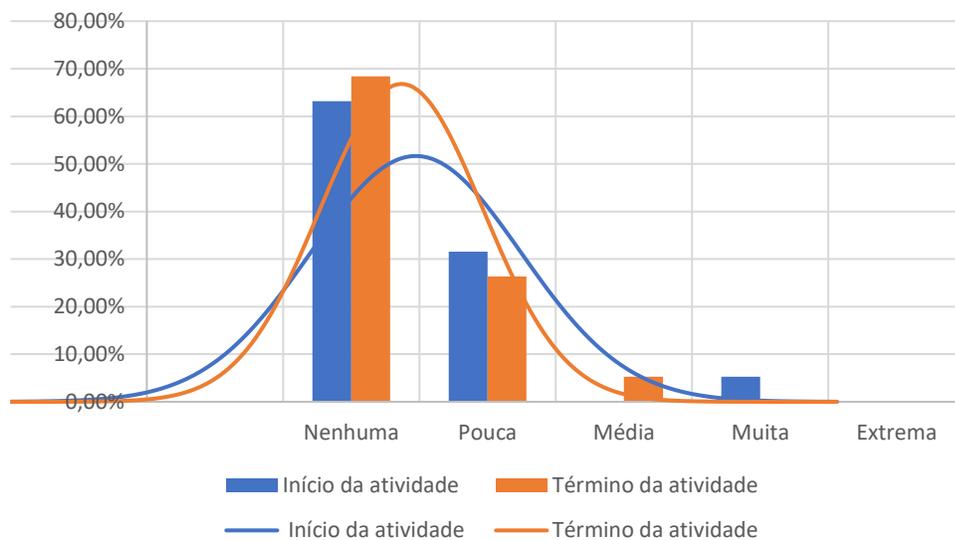
Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- *Questão 23: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a usar algum instrumento de medição**, como multímetro, pHmetro, trena, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

- *Questão 24: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de usar algum instrumento de medição**, como multímetro, pHmetro, trena, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 19 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento dos modelos e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 25.

**Gráfico 25** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para usar algum instrumento de medição



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início e no término dessa atividade foram, respectivamente, de 1,47 e 1,37, o que correspondem a uma necessidade de mediação entre nenhuma e pouca. Nesse caso, podemos observar que a redução na necessidade média de medição foi muito pequena, o que pode ser explicado pelo índice considerável de participantes que relataram pouca ou nenhuma necessidade de mediação já no início da execução dessa atividade, 94,74% das respostas. Esse dado indica que esses estudantes já possuíam um bom nível de habilidades no início da atividade, não necessitando de mediação.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas corroboram nossas inferências.

**p1:** “Todas ferramentas usadas, como multímetro, foram abordadas no curso de eletrônica, portanto, não houve necessidade de consulta previa e nem pós tarefa”.

**p2:** “Usamos os mesmos instrumentos de medição que estamos familiarizados no projeto, por isso não houve dificuldade”.

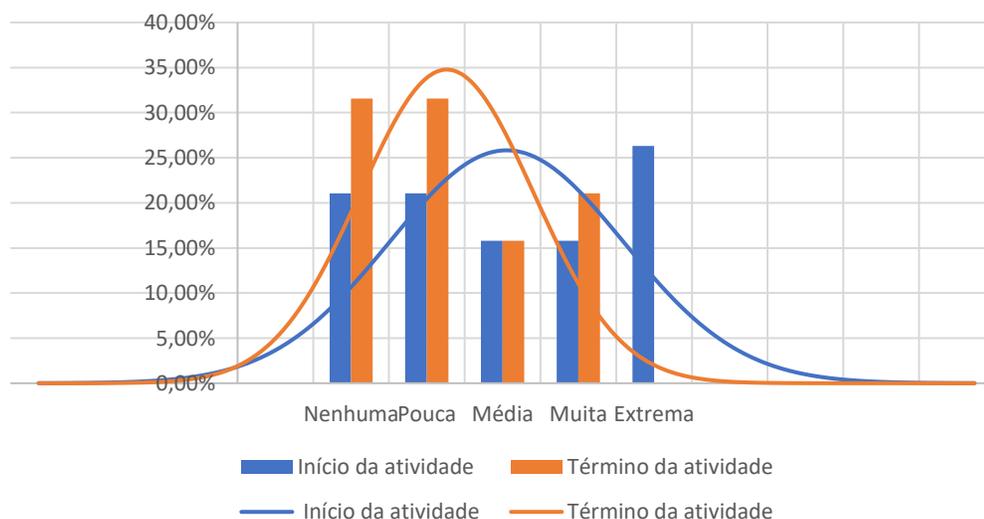
**p3:** “Já tínhamos experiência suficiente para o manuseamento de todas as ferramentas de medição”.

Mais uma vez, temos uma situação na qual o desenvolvimento pode não ter ocorrido ou ter ocorrido em estágios mais avançados de habilidades.

- *Questão 25: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **começou a realizar algum teste ou ensaio específico** durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 26: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando **terminou de realizar algum teste ou ensaio específico** durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 19 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento dos modelos e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 26.

**Gráfico 26** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para realizar algum teste ou ensaio específico.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 3,05, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre média e muita. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de 2,26, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Como houve uma redução na necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas reforçam nossas inferências.

**p1:** *“Nosso projeto se baseia num ensaio específico, logo antes de pegar prática, tivemos que ter bastante treinamento”.*

**p2:** *“Sempre quando realizamos os testes, era necessária a presença do nosso orientador por questões de segurança, principalmente nos testes iniciais, em que poderia haver o risco de vazamento de gás”.*

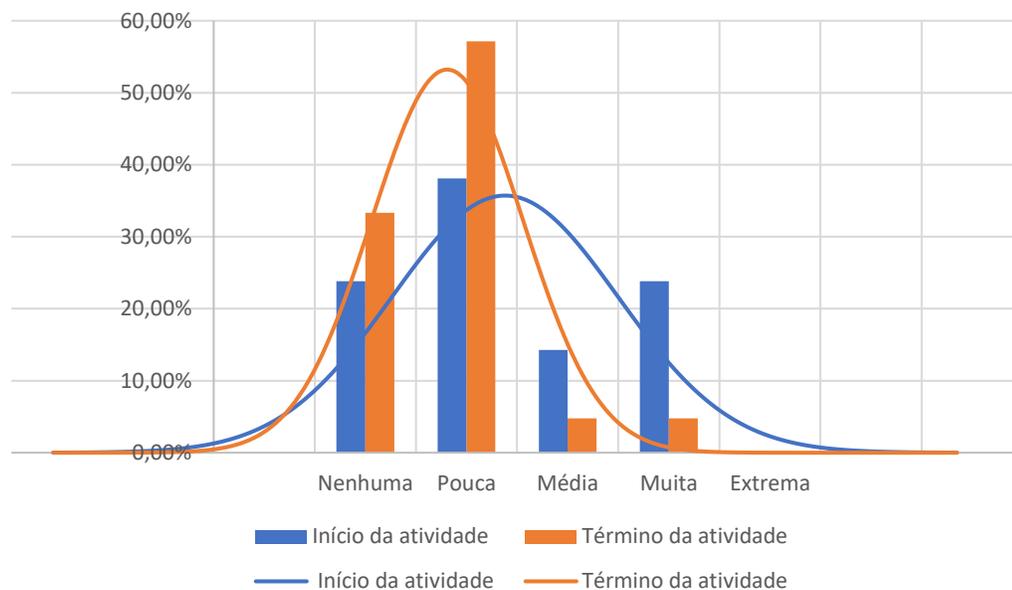
**p3:** *“Os testes realizados foram feitos na prática, em que descobrimos já fazendo quais eram os melhores materiais para se utilizar e quais não funcionariam”.*

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível.

- *Questão 27: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta **quando começou a realizar trabalhos com ferramentas manuais**, como corte, costura, colagem, marcenaria, serralheria, montagem de circuitos, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*
- *Questão 28: Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta **quando terminou de realizar trabalhos com ferramentas manuais**, como corte, costura, colagem, marcenaria, serralheria, montagem de circuitos, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.*

Um total de 21 participantes realizaram essa atividade durante o desenvolvimento dos modelos e responderam a essas questões. A distribuição de frequências e as curvas normais de densidade de probabilidade são mostradas no gráfico 27.

**Gráfico 27** - Distribuição das frequências e curvas normais de densidade de probabilidade da necessidade de mediação para realizar trabalhos com ferramentas manuais



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação no início dessa atividade é de 2,38, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre pouca e média. Já a média da distribuição de frequências para a necessidade de mediação ao término dessa atividade é de 1,81, o que corresponde a uma necessidade de mediação entre nenhuma e pouca. Mais uma vez, como houve uma redução na necessidade média de mediação por parte dos estudantes podemos inferir que ocorreu um desenvolvimento de habilidades perceptível relativo à execução dessa atividade durante a construção dos modelos.

Alguns exemplos de relatos fornecidos pelos participantes para justificar suas opções de respostas reforçam nossas inferências.

**p1:** “O modelo foi inteiramente construído à mão e demandou um aprimoramento de habilidades manuais após alguns erros na confecção. Contudo, acredito que a experiência teve bons resultados e a prática, com o tempo, proporcionou uma maior facilidade na confecção do modelo”.

**p2:** “Nunca havia utilizado ferramentas mecânicas como serras, furadeiras, então consultei aos funcionários do departamento procurando auxílio, porém ao fim aprendi muito, embora ainda haviam tarefas de meu desconhecimento, requerendo novas consultas”.

Esses relatos mostram como a necessidade de mediação dos estudantes foi diminuindo na medida em que eles executavam essa atividade, o que torna o desenvolvimento de habilidades perceptível, como pôde ser visto na maioria dos casos.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da problemática apresentada inicialmente, em que tratamos da crise no paradigma tradicional da Ciência e da educação em Ciências, vimos que as práticas de ensino e aprendizagem apoiadas no modelo newtoniano-cartesiano fragmentam o conhecimento, o que pode tornar o processo de aprendizagem dos estudantes menos estimulante, integrado, sistêmico e contextualizado. Além disso, pode dificultar o engajamento nas atividades de ensino e aprendizagem e como consequência, impedir o processo de desenvolvimento de habilidades, tão importantes ao pleno exercício da vida produtiva e em sociedade, sobretudo no contexto da educação profissional.

Partindo do pressuposto que as atividades realizadas durante o desenvolvimento e a construção de modelos científicos, no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia na EPTNM, pode contribuir para um processo de aprendizagem mais estimulante, integrado, sistêmico, contextualizado e que possibilita o engajamento para o desenvolvimento de habilidades, investigamos como essas atividades poderiam contribuir com a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades dos estudantes da EPTNM.

Adotamos como objetos de estudo a modelagem científica, como atividade de ensino, e aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades. O objetivo geral da pesquisa consistiu em compreender a relação entre esses dois objetos de estudo, ou seja, compreender o processo de aprendizagem proporcionado pelo engajamento dos estudantes da EPTNM na construção de modelos no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia e a sua relação com o desenvolvimento de habilidades.

Os estudos apresentados na revisão bibliográfica reforçaram a hipótese de que as atividades envolvidas na construção dos modelos científicos, no contexto educacional, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades.

As pesquisas apresentadas que investigaram os benefícios da modelagem para o ensino em disciplinas de Ciências Naturais, tendem a considerar como modelos aqueles que representam entidades ou fenômenos naturais, o que é compreensível, já que os objetos de interesse dessas áreas são os objetos naturais. Já os estudos realizados no contexto das Ciências Aplicadas, como o das engenharias, podem expandir essa compreensão para artefatos que representam conceitos de

sistemas, processos ou produtos não naturais, o que também é compreensível, já que os objetos de estudo dessas áreas são esses.

A modelagem como atividade humana de construir modelos se mostra extremamente benéfica à aprendizagem e ao desenvolvimento de várias habilidades, tanto no contexto das Ciências Naturais quanto no das Ciências Aplicadas. Nas Ciências Naturais podemos destacar o desenvolvimento de habilidades investigativas, metacognitivas (MAIA, 2009), habilidades argumentativas (MENDONÇA, 2011), habilidades visuoespaciais (RAMOS, 2015), e desenvolvimento da autoeficácia (SELAU, 2017), entre outras.

Nas Ciências Aplicadas podemos perceber que o processo de modelagem está intimamente ligado ao processo de desenvolvimento de projetos, tema de extrema relevância para as áreas das engenharias e conseqüentemente para as áreas técnicas provenientes delas. A capacidade de conceber modelos conceituais, gráficos, matemáticos e de trabalho por si só constitui uma competência extremamente relevante para o engenheiro (LAMMI & DENSON, 2017) e, tomada as devidas proporções, ao técnico de nível médio. Essa competência, sem dúvida, requer um conjunto de habilidades específicas, habilidades ligadas a criatividade, a matemática, a análise crítica e a tomada de decisões.

Para que se desenvolvam tais habilidades, os estudos mostraram que é preciso que os estudantes sejam colocados em ambientes que os levem a perceber a relevância dessas habilidades. E os ambientes proporcionados pelo desenvolvimento de projetos por meio dos artefatos de modelagem parecem fornecer a relevância, o estímulo motivacional para o desenvolvimento de habilidades e os subsídios para avaliação das habilidades do pensamento dos estudantes (LAMMI e DENSON, 2017).

A respeito do primeiro objetivo específico da pesquisa – *identificar como os termos modelo e modelagem vem sendo construídos pela literatura da área, a fim de realizarmos um posicionamento epistemológico dos processos de construção de modelos realizados no contexto das feiras de Ciência e Tecnologia*, encontramos dois conceitos de modelos científicos que se ajustam aos modelos apresentados na feira de Ciências e Tecnologia: (i) modelos como representações parciais de objetos de interesse das áreas das Ciências Naturais, como fenômenos ou entidades naturais, alinhado aos conceitos de objetos-modelos de Bunge (1974); e (ii) modelos também como representações parciais de objetos de estudo das chamadas Ciências Aplicadas,

como sistemas complexos e inovações tecnológicas criadas pelo homem, que se assemelham aos modelos de trabalho definidos por Abet (2016) *apud* Lammi e Denson (2017).

Uma definição mais geral do conceito de modelo que atende aos objetivos aqui colocados é fornecida por Boulter e Gilbert (1998, p. 16), em que “um modelo pode ser definido como a representação de uma ideia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema”.

Além disso, temos que ressaltar a transposição didática dos modelos conceituais, usados na prática científica, para os modelos didáticos, usados no ensino em Ciências, que são representações que passam por uma reformulação e enfatizam o seu caráter psicológico e estético, mas mantêm seu caráter científico, explicativo (CHEVALLARD, 2005 *apud* SILVA e CASTELLI, 2020). Esse parece ser o caso da maior parte dos modelos apresentados na feira, uma vez que o caráter estético dos modelos é enfatizado tanto quanto o caráter conceitual.

Em relação à modelagem científica como atividade de ensino e aprendizagem, a definição geral que parece ser consenso entre os autores é a de “atividade humana de construção de modelos”. Atividade que pode ser mais estruturada, como uma estratégia de ensino e aprendizagem previamente planejada, como vimos em alguns estudos apresentados na revisão bibliográfica, (GILBERT E JUSTI, 2002; MAIA, 2009; MENDONÇA, 2011; MOZZER, 2013), ou podem ser mais livres, alinhada com uma visão mais ampla de Ciências e respeitando as particularidades da produção de conhecimento científico nas diferentes áreas da Ciência (JUSTI, 2015). Essa última definição de modelagem está de acordo com os processos de construção de modelos estudados na presente pesquisa, em que os estudantes tiveram liberdade para produzir os modelos a serem apresentados na feira, processo de construção realizado sem seguir um método específico ou programa rígido para o desenvolvimento dos modelos.

Com relação ao segundo objetivo específico da presente pesquisa – *identificar como os conceitos de habilidades e desenvolvimento de habilidades vem sendo construído pela literatura da área e como esses conceitos se relacionam como a EPTNM no Brasil*, vimos que o conceito de habilidades aparece, muitas vezes, atrelado ao conceito de competências. Já a algum tempo, desde o final do século XX, vem se discutindo em vários países uma transposição de foco dos “saberes” para o desenvolvimento de competências nas principais etapas de escolaridade (PERRENOUD, 1999).

Ficou demonstrado que apesar dos conceitos de habilidades e competências aparecerem muitas vezes juntos, sendo usados até de forma sinônima, no entendimento dos referenciais teóricos adotados na presente pesquisa, eles são diferentes. Segundo os documentos oficiais que tratam da Educação brasileira, o conceito de competências articula conhecimentos, habilidades, valores e atitudes:

As competências enquanto ações e operações mentais articulam os conhecimentos (o saber, as informações articuladas operativamente), as habilidades (psicomotoras, ou seja, o saber fazer elaborado cognitivamente e socioafetivamente) e os valores, as atitudes (o saber ser, as predisposições para decisões e ações, construídas a partir de referenciais estéticos, políticos e éticos), constituídos de forma articulada e mobilizados em realizações profissionais com padrões de qualidade requeridos, normal ou distintivamente, das produções de uma área profissional. (Brasil, 2000, p. 10).

Portanto, as habilidades são parte fundamental das competências, mas não são a mesma coisa. No entanto, dependendo do contexto, pode-se entender alguma habilidade como competência, como ressalta Macedo (2005, p.19)

A diferença entre competência e habilidade, em uma primeira aproximação, depende do recorte. Resolver problemas, por exemplo, é uma competência que supõe o domínio de várias habilidades. Calcular, ler, interpretar, tomar decisões, responder por escrito, etc., são exemplos de habilidades requeridas para a solução de problemas de aritmética. Mas, se sairmos do contexto de problema e se considerarmos a complexidade envolvida no desenvolvimento de cada uma dessas habilidades, podemos valorizá-las como competências que, por sua vez, requerem outras tantas habilidades (MACEDO, 2005, p.19).

Na teoria da aprendizagem experiencial, Kolb (2015, p.157) desenvolve o conceito de competências adaptativas e ressalta que para alcançar tais competências se faz necessário um conjunto específico de habilidades, o que se ajusta ao entendimento aqui adotado, de que as habilidades são parte componente das competências.

Nesses referenciais teóricos as habilidades estão sempre relacionadas a capacidade de execução de atividades, ao saber fazer, portanto, o desenvolvimento de habilidades está relacionado ao desenvolvimento da capacidade do indivíduo de realizar uma dada atividade, seja ela motora, mental, ou uma combinação das duas.

A partir dos conceitos da zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky, que propõem a existência de um desenvolvimento potencial e um desenvolvimento real, em que a diferença entre os dois pode ser percebida pela necessidade de mediação do indivíduo ao realizar uma dada atividade, entendemos que o desenvolvimento de habilidades pode ser percebido por meio de necessidade de mediação do indivíduo ao realizar essa atividade. A partir da aplicação desses

conceitos fomos capazes de coletar dados sobre a necessidade de mediação dos participantes nas atividades realizadas durante a construção dos modelos, para que assim, pudéssemos fazer inferências sobre o desenvolvimento de habilidades dos mesmos.

Os dados coletados nos questionários sobre a necessidade de mediação dos participantes, juntamente com os estudos apresentados na revisão bibliográfica foram capazes de validar o pressuposto inicial dessa pesquisa, de que as atividades de construção de modelos, no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades psicomotoras, importantes para o exercício da profissão de técnico de nível médio.

No que se refere ao terceiro objetivo específico da pesquisa – *analisar a relação pedagógica entre o desenvolvimento de habilidades e o engajamento de estudantes da EPTNM em atividades de aprendizagem fundamentadas em modelagem, realizadas no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia*, realizamos uma coleta de dados por meio da leitura dos diários de bordo. A análise realizada por meio desses dados nos mostrou que, de uma forma geral, a aprendizagem e, conseqüentemente, o desenvolvimento de habilidades dos participantes, se mostrou equilibrado entre a aprendizagem convergente, assimilativa e adaptativa, com uma tendência maior pela convergente.

Ficou demonstrado também que o tipo do modelo, tanto no âmbito das Ciências Naturais quanto no das Ciências Aplicadas, influenciou no tipo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades dos participantes. Os participantes que construíram modelos das Ciências Naturais apresentaram um desenvolvimento maior de aprendizagens assimilativas, enquanto os participantes que desenvolveram modelos das Ciências Aplicadas apresentaram um desenvolvimento maior de aprendizagens do tipo convergente. As atividades assimilativas mais frequentes na construção dos modelos das Ciências Naturais foram: a participação em aulas, palestras e as orientações. Já na construção dos modelos das Ciências Aplicadas o desenvolvimento de algoritmos digitais se destacou entre as atividades convergentes.

Outro fator que apresentou influência na aprendizagem e no desenvolvimento dos participantes foi a presença de simulação como estratégia de modelagem. Na construção dos modelos com simulação a aprendizagem mais frequente foi a convergente, já nos modelos sem simulação foi a assimilativa.

Além desses fatores, ficou demonstrado que o estilo de aprendizagem individual dos participantes também influenciou, de forma significativa, na aprendizagem e no desenvolvimento dos mesmos. Os participantes que apresentaram um estilo de aprendizagem convergente, acabaram por desenvolver com maior frequência atividades convergentes durante a construção dos modelos, e conseqüentemente, desenvolveram mais habilidades desse tipo, já os participantes que apresentaram um estilo de aprendizagem assimilativo realizaram atividades assimilativas com maior frequência, e dessa forma, desenvolveram mais habilidades assimilativas.

Portanto, podemos dizer que o tipo do modelo, quanto a Ciências Naturais ou Aplicadas, a presença ou não de simulação como estratégia de modelagem e o estilo de aprendizagem individual dos participantes, exerceram influência significativa na aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades dos participantes durante a construção dos modelos.

Das habilidades para realização das atividades de pesquisa teórica durante o desenvolvimento dos modelos, nomeadas anteriormente de atividades divergentes e assimilativas, como fazer buscas de materiais bibliográficos usando bases (Google acadêmico, IEEE, Scielo, entre outras), organizar material bibliográfico, assimilar conceitos e teorias, coletar dados em campo, usando formulário, questionário ou entrevista, realizar análise de dados usando algum método científico, escrever e formatar textos de acordo com normas acadêmicas, usar ferramentas como Word, Excel, Power Point, apenas as atividades de coletar dados em campo e usar ferramentas como Word, Excel, Power Point, apresentaram uma baixa redução na necessidade de mediação, não tornando perceptível o desenvolvimento de habilidades. Nas outras atividades foi possível perceber uma redução na necessidade de mediação e, conseqüentemente, um desenvolvimento de habilidades para realizá-las.

Nas atividades em que houve pouca ou nenhuma redução na necessidade de mediação, os participantes já apresentavam uma baixa necessidade de mediação para realizar essas atividades desde o início, o que indica que eles já essas habilidades praticamente bem desenvolvidas quando começaram a realizá-las, e por esse motivo, não foi possível perceber um desenvolvimento significativo por meio da redução na necessidade de mediação, o que não significa que esse desenvolvimento tenha sido inexistente. Ele pode ter ocorrido em níveis mais avançados de habilidades, em que a necessidade de mediação deixa de ser uma variável de inferência adequada

para refletir as habilidades do indivíduo, já que em níveis mais avançados de habilidades a necessidade de mediação do indivíduo é, muitas vezes, inexistente.

Nesse ponto sugerimos para próximas pesquisas a investigação do desenvolvimento em níveis avançados de habilidades, com a proposição de novas variáveis que sejam capazes de subsidiar inferências sobre tal desenvolvimento.

Por meio dos dados coletados nas entrevistas ficou demonstrado que a motivação para construção boa parte dos modelos partiu de uma experiência concreta vivenciada pelos participantes e que essa experiência contribuiu na motivação, como força motriz e no engajamento dos estudantes nas atividades ao longo da construção dos modelos. Esses dados também nos permitiram entender quais atividades os participantes consideraram que tiveram que aprendê-las para executá-las, ou seja, atividades em que eles possuíam um nível baixo de habilidades para executá-las, o que deixa uma margem maior para avaliar o desenvolvimento de habilidades por meio da redução na necessidade de mediação.

Com relação as habilidades para realização de atividades nas etapas de implementação e montagem dos modelos, nomeadas anteriormente de atividades convergentes e adaptativas, como aplicar conceitos e teorias compreendidas em uma situação real, realizando cálculos por exemplo, fazer programas, criação de algoritmos digitais, fazer desenhos de projetos usando alguma ferramenta de CAD, usar alguma ferramenta de simulação computacional, usar algum instrumento de medição, realizar algum teste ou ensaio específico, realizar trabalhos com ferramentas manuais, apenas a atividade de usar instrumentos de medição não apresentou uma redução significativa na necessidade de mediação, tornando o desenvolvimento de habilidades imperceptível. Mais uma vez, nesse caso, os participantes apresentaram baixa necessidade de mediação para realizar essa atividade desde o início, o que indica que eles já possuíam um bom nível de habilidades para realizá-la e por esse motivo não foi possível perceber um desenvolvimento significativo por meio da redução na necessidade de mediação. Já nas outras atividades relatadas, foi possível perceber uma redução significativa na necessidade de mediação e, conseqüentemente, um desenvolvimento de habilidades.

Podemos citar como dificuldade durante a realização da pesquisa o acesso aos participantes para coleta dos dados, uma vez que a pesquisa foi realizada no contexto da pandemia de COVID-19. Dificuldade essa que foi superada com uso de meio digitais de comunicação para realização

das entrevistas e para o preenchimento dos questionários por parte dos participantes. Além disso, a mostra de trabalhos e aplicações de 2020 (META 2020), em que poderíamos ter levantado mais dados, só ocorreu em março de 2021 de forma virtual, o que inviabilizou a coleta de dados em tempo hábil para tratamento na presente pesquisa.

Apesar de termos coletado dados de várias fontes diferentes – diários de bordo, entrevistas e questionários, todas essas fontes de dados foram provenientes dos estudantes que realizaram a construção dos modelos, como ponto de melhoria para futuras pesquisas relacionadas a esse tema, deixamos como sugestão uma coleta de dados a partir dos orientadores, o que poderia agregar maior riqueza as análises aqui realizadas, possibilitando uma análise de validação e contradição com os dados coletados a partir do ponto de vista dos estudantes.

Reconhecemos esse aspecto como ponto de possível melhoria na realização da pesquisa. No entanto, entendemos que a coleta de dados realizada por meio dos diários de bordo passaram por uma análise de conteúdo em que extraímos o máximo de detalhes sobre as experiências vivenciadas pelos estudantes ao longo das atividades de construção dos modelos, o que nos possibilitou construir, com base no referencial teórico adotado, uma compreensão rica em detalhes sobre esses processos de aprendizagem e desenvolvimento, o que se mostrou menos possível a partir dos dados coletados nas entrevistas, ou seja, entrevistar os orientadores nos forneceria dados importantes sobre as atividades, embora menos detalhados do que os dados provenientes dos diários de bordo.

Uma abordagem metodológica mais participativa por parte do pesquisador, como uma pesquisa-ação, poderia produzir resultados mais detalhados sobre as atividades e os processos de aprendizagem e desenvolvimento dos participantes, uma vez que o pesquisador não se limitaria a analisar apenas aos registros produzidos pelos estudantes. Seria possível, talvez, produzir seus próprios registros, com um nível de detalhes maior sobre as atividades. Em contrapartida a abordagem adotada na presente pesquisa nos permitiu atingir uma amostra maior de processos e participantes do que o que seria possível em uma abordagem participativa, como a pesquisa-ação.

Por meio da presente pesquisa acreditamos ter contribuído com uma compreensão sobre processos de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades decorrentes do engajamento de estudantes da EPTNM na construção de modelos no contexto de uma feira de Ciências e Tecnologia e reconhecemos que as possibilidades de pesquisa em torno desse tema não estão

esgotadas. A compreensão construída aqui tem como principal referencial a teoria da aprendizagem experiencial, de David Kolb (2015), o que contribuiu para uma compreensão do tema, mas não exclui as possibilidades de estudos com a adoção de outros referenciais teóricos.

Além disso, o método usado na análise dos questionários nos permitiu revelar o desenvolvimento de habilidades que ocorre em estágios iniciais, que se dá quando os estudantes demonstram alguma necessidade de mediação para realizar as atividades. Nesse ponto vem à tona as questões: as atividades de modelagem poderiam contribuir para o desenvolvimento de habilidades psicomotoras de alto nível? Como esse desenvolvimento ocorreria? Como poderíamos revelar a ocorrência desse desenvolvimento? As respostas a essas questões tornam-se relevantes num contexto educacional onde o foco é o desenvolvimento de habilidades e competências e não somente a memorização dos conteúdos.

Apesar de não ter sido o objetivo imediato da nossa pesquisa, entendemos que o conhecimento aqui produzido pode fornecer subsídios importantes para a formulação de currículos na EPTNM que contemplem as atividades de construção de modelos como forma de realizar a mudança de foco dos conteúdos para o foco na mobilização de saberes para o desenvolvimento de habilidades e competências dos estudantes e, dessa forma, contribuir com a mudança de paradigma educacional mencionada na introdução dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, M. M. O. **Contribuições das Práticas de Modelagem e Argumentação para a Compreensão do Processo de Dissolução - Um estudo de caso com estudantes do ensino fundamental**. Dissertação de mestrado em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Biblioteca Depositária: Biblioteca da Faculdade de Educação da UFMG. Belo Horizonte. 2015.

ASSIREU, A. T.; REBOITA, M. S.; CORREA, M. D. P. Observando o céu, quantificando as nuvens e praticando modelagem: um exercício de apoio ao aprendizado das ciências atmosféricas. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 1-6, Mar 2012.

AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva**. 1. ed. Lisboa: Editora Paralelo, v. 1, 2003.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 1977.

BATISTA, I. D. L. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. **Ciências e Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 461-476, Dez. 2004.

BEHRENS, M. A. A prática pedagógica e o desafio do paradigma emergente. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 80, n. 196, p. 383-403, set/dez 1999.

BEHRENS, M. A.; THOMÉ, O. A. L. A evolução dos paradigmas na educação: do pensamento científico tradicional a complexidade. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 7, n. 22, p. 53-66, set./dez. 2007.

BELHOT, R. V.; FIGUEIREDO, R. S.; MALAVÉ, C. O. **O Uso da Simulação no Ensino de Engenharia**. XXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Porto Alegre/RS: PUC RS. 2001.

BHATTACHARYA, D.; ADAMS, K. L.; MITTELSTET, T. J. Modeling in learning centers. **Science and Children**, Jul 2018.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRANDAO, R.; ARAUJO, I.; VEIT, E. A. Um estudo de caso para dar sentido à tese de que a modelagem científica pode ser vista como um campo conceitual. **Revista electrónica investigación em educação em ciências**, Tandil, v. 9, n. 1, p. 1-21, jul 2014.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza Matemática e suas tecnologias no ensino médio**. SEMTEC/MEC. [S.l.]. 1999a.

BRASIL. **PARECER CNE/CEB Nº 16/99. Trata das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico**. Ministério da Educação, MEC. Brasília, DF. 1999b.

BRASIL. **Referenciais Curriculares Nacionais para Educação Profissional de Nível Técnico**. Ministério da Educação (MEC).. Brasília, DF. 2000.

BRASIL. **Resolução Nº 6, DE 20 de setembro de 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio.** Ministério da Educação, MEC. Brasília, DF. 2012.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Ministério da Educação (MEC). Brasília, DF. 2017.

BRASIL. **LDB: Lei de diretrizes e bases da educação nacional, 2. ed. Conteúdo: Leis de diretrizes e bases da educação nacional – Lei no 9.394/1996 – Lei no 4.024/1961.** Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas. Brasília, DF. 2018.

BRASIL. CAPES. **Catálogo de Teses de Dissertações da CAPES,** 2020. Disponível em: <[https://sdi.capes.gov.br/banco-de-teses/02\\_bt\\_sobre.html](https://sdi.capes.gov.br/banco-de-teses/02_bt_sobre.html)>. Acesso em: 11 maio 2020.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade. Coleção Debates.** São Paulo: Editora Perspectiva S. A. , 1974.

CAMPOMANES, R. R.; HEIDEMANN, L. A.; VEIT, E. A. Modelo de associação de molas em paralelo em atividades de ensino de Física: uma análise do domínio de validade. **Revista Brasileira de Ensino em Física,** São Paulo, v. 42, 2020.

COSTA, S. S. C. D.; MOREIRA, M. A. O papel da modelagem mental dos enunciados na resolução de problemas em física. **Revista Brasileira de Ensino em Física,** São Paulo, v. 24, n. 1, p. 61-74, Mar 2002.

DUSO, L. Modelização: Uma Possibilidade Didática no Ensino De Biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências,** Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 29-44, ago 2013.

FERREIRA, M.; LOGUECIO, R. D. Q. A Análise de Conteúdo como Estratégia de Pesquisa Interpretativa em Educação em Ciências. **Revista de Educação, Linguagem e Literatura,** v. 6, n. 2, p. 33-49, out. 2014.

FERRY, A. S. **Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma Sala de Aula de Química, Tese de Doutorado.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2016.

FIGUEIRA, J. S. Easy Java simulations: modelagem computacional para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino em Física.,** São Paulo, v. 27, n. 4, p. 613-618, dez. 2005.

FLORES, G. E.; OLIVEIRA, D. L. L. D.; ZOCHE, D. A. D. A. Educação Permanente no Contexto Hospitalar: A Experiência que Ressignifica o Cuidado em Enfermagem. **Trabalho Educação e Saúde,** Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 487-504, Ago. 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4º. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Learning science through models and modeling. **International Handbook of Science Education.,** 1994.

GOGOLLA, M.; STEVENS, P. Teaching modeling in computer science as an ecosystem: A provocative analogy. **Computer Science Education** 28(1):1-18, v. 28, n. 1, p. 1-18, Apr. 2018.

GOMES, T.; FERRACIOLI, L. A investigação da construção de modelos no estudo de um tópico de física utilizando um ambiente de modelagem computacional qualitativo. **Revista Brasileira de Ensino em Física.**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 453-461, 2006.

GOUVEA, J.; PASSMORE, C. "Models of" versus "models for": Toward an agent-based conception of modeling in the science classroom. **Science & Education**, v. 26, p. 49-63, 2017.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, v. 38, n. 1, 2016.

HEIJNES, D.; VAN JOOLINGEN, W.; LEENAARS, F. Stimulating scientific reasoning with drawing-based modeling. **Journal of Science Education and Technology**, v. 27, p. 45-56, 2018.

JUSTI, R. Relações Entre Argumentação e Modelagem no Contexto da Ciência e do Ensino de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 31-48, set 2015.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K.. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers.. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.

KOLB, A. Y.; KOLB, D. A. . **The Kolb Learning Style Inventory, Technical Specifications - Version 3.1**. 1. ed. Boston: Hay Resources Direct, v. 1, 2005.

KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1984.

KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education LTD, 2015.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. [S.l.]: [s.n.], 1962.

LAMMI, M. D.; DENSON, C. D. Modeling as an engineering habit of mind and practice. **Advances in Engineering Education**, Raleigh, NC, v. 6, n. 1, 2017.

LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown. **Journal of the American Statistical Association**, v. 62, n. 318, p. 399-402, 1967.

MACEDO, L. **Competências e Habilidades: Elementos para uma reflexão pedagógica. Exame nacional do Ensino Médio (ENEM): Fundamentação teórico metodológica**. INEP/MEC. Brasília, DF. 2005.

MACHADO, J.; BRAGA, M. A proposta da Redescrição Representacional como referencial para a conceitualização de modelos na educação científica. **Ciências e Educação**, Bauru, v. 25, n. 3, p. 589-606, Set 2019.

MACHADO, J.; CRUZ, S. M. S. C. D. S. Conhecimento, realidade e ensino de Física: modelização em uma inspiração bungeana. **Ciências e Educação.**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 887-902, 2011.

MAIA, P. F. **Habilidades Investigativas no Ensino Fundamentado em Modelagem**. Tese de doutorado em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Biblioteca Depositária: Faculdade de Educação. Belo Horizonte. 2009.

MASON, K.; EVANS, B. Modeling a membrane: Using engineering design to simulate cell transport processes. **Science Teacher**, v. 84, n. 5, p. 31-38, Jul 2017.

MENDES, J. F.; COSTA, I. F.; DE SOUSA, C. M. S. G. O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 1-9, jun 2012.

MENDONÇA, P. C. C. **Influência de Atividades de Modelagem na qualidade dos Argumentos de Estudantes de Química do Ensino Médio**. Tese de doutorado em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Biblioteca Depositária: Biblioteca da faculdade de Educação. Belo Horizonte. 2011.

MILLER, A. R.; KASTENS, K. A. Investigating the impacts of targeted professional development around models and modeling on teachers' instructional practice and student learning. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 55, n. 5, p. 641-663, Mai. 2018.

MODELO. Oxford Languages. **Google**, 2021. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=modelo&oq=modelo&aqs=chrome.69i57j69i59j69i60.1950j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

MORELL, L. et al. A construct-modeling approach to develop a learning progression of how students understand the structure of matter.. **Journal of Research in Science Teaching**., v. 54, n. 8, p. 1024-1048, October 2017.

MOZZER, N. B. **O entendimento conceitual do processo de dissolução a partir da elaboração de modelos e sob a perspectiva da teoria de campos conceituais**. Tese de doutorado em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Biblioteca Depositária: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UFMG. Belo Horizonte. 2013.

NEHRING, C. M. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. , Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 88-108, Jun 2000.

OLIVEIRA, G. A. S. **Uma Abordagem Semiótica para Utilização de Modelos Tridimensionais na Aprendizagem de Programação Orientada a Objetos**. CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA, Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação, Depositária: UNIFACCAMP. Campo Limpo Paulista Biblioteca. 2018.

OLIVEIRA, R. R. D.; FERRACIOLI, L. Análise Comparativa de Desempenho de Alunos de Ensino Médio em Atividade com Modelagem Computacional Exploratória e Atividade Tradicional Sobre Movimento dos Corpos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 685-706, Dec 2015.

PAGANINI, P.; JUSTI, R.; MOZZER, N. B. Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Ciências e educação**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 1019-1036, Dez 2014.

PERRENOUD, P. Construir competências é virar as costas aos saberes? ano 3, n. 11, p. 15 a 19, nov. 99/jan. 2000. **Pátio - Revista Pedagógica**, Porto Alegre, v. ano 3, n. 11, p. 15-19, nov 1999.

PIERSON, A. E.; CLARK, D. B.; SHERARD, M. K. Learning progressions in context: Tensions and insights from a semester-long middle school modeling curriculum. **Science Education**, v. 101, n. 6, p. 1061-1088, Nov. 2017.

PIMENTEL, A. A teoria da aprendizagem experiencial como alicerce de estudos sobre desenvolvimento profissional. **Estudos de Psicologia**, v. 12, n. 2, p. 159-168, 2007.

PUIG, B.; AGEITOS, N.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Learning gene expression through modelling and argumentation: A case study exploring the connections between the worlds of knowledge. **Science & Education**, v. 26, n. 4, December 2017.

RAMOS, A. D. F. **Estudo da influência da utilização de software de modelagem molecular no processo de aprendizagem de conceitos químicos por estudantes do ensino médio e superior**. Tese de doutorado em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Biblioteca Depositária: Martin Lutero. Canoas. 2015.

RODRIGUES, E. V.; LAVINO, D. Modelagem no ensino de Física via produção de stop motion, com o computador Raspberry Pi. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 42, 2020.

RODRIGUES, E. V.; LAVINO, D. Modelagem no ensino de Física via produção de stop motion, com o computador Raspberry Pi.. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 42, n. 20190012, 2020.

ROMERO, M. A.; RAGI, R.; MANZOLI, J. E. Transistores de alta mobilidade eletrônica (HEMTs): Princípios de operação e características eletrônicas. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 1-15, Dez. 2015.

SABINO, A. C. A utilização do software Máxima no ensino por investigação da evolução estelar utilizando simulação gráfica da fusão nuclear. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 41, n. 3, 2019.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5º. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, A. D. C. K. D. E. A. O ModelCiências: um portal para o projeto Modelagem Semiquantitativa e Quantitativa na Educação em Ciências. **Educar em Revista**, Curitiba, n. Especial, p. 217-235, 2003.

SANTOS, G. C.; SOUZA, J. F. C. **Acesso às bases de dados de Educação e áreas afins: navegando no conhecimento**. FE/UNICAMP. Campinas, SP. 2010.

SCARPA, D. L. O Papel da Argumentação no Ensino de Ciências: Lições de um Workshop. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 15-30, Nov. 2015.

SHELLER, M. Modelagem nos anos iniciais da educação básica: como os estudantes modelam situações-problema?. **Ciência e educação.**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 197-217, Mar 2017.

SELAU, F. F. **Atividades Experimentais e crenças de Autoeficácia: Um estudo de caso com o Método Episódios de Modelagem.** Dissertação de mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Biblioteca depositária: Biblioteca do Instituto de Física. Porto Alegre. 2017.

SELAU, F. F. Fontes de autoeficácia e atividades experimentais de física: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 41, n. 2, 2019.

SILVA, C. M. D.; JUSTI, R. Planejamento e Condução de Discussões Sobre Natureza da Ciência Ocorridas em uma Situação de Ensino Fundamentada em Modelagem Conduzida por uma Professora em Formação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 21, 2019.

SILVA, D. K. B. D. **O uso de representações em explicações e na argumentação.** Universidade Federal De Minas Gerais, Dissertação de mestrado em Educação, Depositária: Biblioteca da Faculdade de Educação da UFMG. Belo Horizonte. 2013.

SILVA, F. S. D.; CATELLI, F. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 41, n. 4, 2019.

SILVA, F. S. D.; CATELLI, F. Os modelos no Ensino de Ciências: Reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo, v. 42, 2020.

SOUZA, V. C. D. A.; JUSTI, R. Interloquções Possíveis Entre Linguagem e Apropriação de Conceitos Científicos na Perspectiva de uma Estratégia de Modelagem para a Energia Envolvida nas Transformações Químicas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 31-46, Ago 2011.

STAMMEN, A. N.; MALONE, K. L.; IRVING, K. E. Effects of modeling instruction professional development on biology teachers' scientific reasoning skills. **Education Sciences**, v. 8, n. 119, 2018.

SUNG, J. Y.; OH, P. S. Sixth grade students' content-specific competencies and challenges in learning the seasons through modeling. **Research in Science Education.**, n. 48, p. 839–864, 2018.

TAY, S. L.; YEO, J. Analysis of a physics teacher's pedagogical "micro-actions" that support 17-year-olds' learning of free body diagrams via a modelling approach. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 2, p. 109-138, Jan. 2018.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico: novo paradigma da ciência.** Campinas: Papirus, 2002.

VINHOLI JÚNIOR, A. J. **Modelagem Didática como estratégia de ensino para a Aprendizagem Significativa em Biologia Celular.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Humanas e Sociais, 206 f. Tese de Doutorado em Educação. Campo Grande-MS. 2015.

WADE-JAIMES, K.; DEMIR, K.; QURESHI, A. Modeling strategies enhanced by metacognitive tools in high school physics to support student conceptual trajectories and understanding of electricity. **Science Education**, v. 102, n. 4, p. 711-743, July 2018.

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar.** Porto Alegre: Artmed, 2002.

ZANGORI, L. et al. Using the practice of modeling to support preservice teachers' reflection on the process of teaching and learning. **Journal of Science Teacher Education**, Out., v. 28, n. 7, p. 590-608, 2017.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA OS RESPONSÁVEIS PELOS ESTUDANTES.

Projeto CAAE: \_\_\_\_\_, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_.

Este termo deve ser entregue, em mãos, aos responsáveis legais do estudante \_\_\_\_\_, assim que possível, após ser aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CEFET MG.

Prezados \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_, solicito a sua contribuição no sentido de autorizar a participação do(a) seu(sua) filho(a) ou dependente legal, \_\_\_\_\_, na minha pesquisa intitulada “ATIVIDADE DE MODELAGEM E O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL”.

O pesquisador responsável pela investigação é o mestrando Vinicius da Silva Fiuz a, RG: MG13.126.215, aluno do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). A pesquisa refere-se ao estudo sobre o processo de aprendizagem mediado por atividades de modelagem desenvolvidas no contexto da Educação Profissional Técnica de Nível Médio. Pretendemos contribuir com o campo das práticas de ensino em Educação Tecnológica ampliando a compreensão sobre o processo de desenvolvimento de habilidades, que pode ocorrer durante a execução de trabalhos de modelagem para apresentação em feiras de Ciências e Tecnologia, a META 2019 – Mostra Específica de Trabalhos e Aplicações. A pesquisa está organizada nas seguintes etapas:

**Etapla 1:** Levantamento de dados a respeito das estratégias de modelagem, desenvolvimento de habilidades e aprendizagem experiencial, por meio de pesquisa bibliográfica e documental, que possibilitarão a elaboração da fundamentação teórica para a pesquisa. Fonte de dados: Teses, dissertações e artigos.

**Etapla 2:** Levantamento de dados sobre as estratégias de modelagem adotadas pelos estudantes na construção dos modelos apresentados na META. Fonte de dados: Diários de bordo dos trabalhos apresentados na META.

**Etapla 3:** Levantamento de dados sobre estilos de aprendizagem dos estudantes participantes das atividades de modelagem. Fonte de dados: Estudantes que elaboraram trabalhos de modelagem apresentados na META (Sujeitos da pesquisa). Instrumento de coleta de dados: Entrevista semiestruturada adaptada do Inventário de Estilos de Aprendizagem – *Learning Style Inventory (Lsi)*.

**Etapla 4:** Levantamento de dados sobre as habilidades usadas e desenvolvidas ao longo da atividade de modelagem. Fonte de dados: Diários de bordo dos trabalhos apresentados na META e estudantes que elaboraram trabalhos de modelagem apresentados na META (Sujeitos da pesquisa). Instrumento de coleta de dados: Pesquisa documental e entrevista semiestruturada.

**Etapla 5:** Análise dos dados a luz da teoria da aprendizagem experiencial, descrever a ação e reflexão dos estudantes no processo de modelagem, estabelecer relações entre estratégias de modelagem, habilidades usadas e desenvolvidas pelos estudantes e os estilos de aprendizagem.

A participação do estudante, após o seu assentimento e consentimento livre e esclarecido do responsável legal, ocorrerá, de forma indireta na 2ª etapa, que envolverá apenas a análise das produções textuais dos diários de bordo, e de forma direta na 3ª e 4ª etapas, que envolve uma eventual solicitação de entrevista.

A realização de entrevistas com alguns estudantes após a análise do material a fim de esclarecer aspectos que não puderam ser bem compreendidos somente com os dados das produções textuais. Eventualmente, seu filho(a) poderá ser contactado para uma entrevista a ser realizada até o final do 2º semestre letivo de 2020. Ele(a) não será obrigado a participar das entrevistas, tendo a liberdade de recusar ou desistir de conceder a entrevista a qualquer momento sem que isso acarrete qualquer prejuízo ou consequência sobre a sua rotina escolar, avaliação ou desempenho. O local e o horário da entrevista serão combinados respeitando a sua disponibilidade e preferência. O ambiente escolhido para a realização da entrevista será uma sala de aula comum do campus 1 do CEFET-MG que ofereça condições de conforto (pouco ruído ou barulho, isento de odores, com iluminação e mobiliário adequados), e condições de privacidade ao estudante. Consideramos importante dizer que seu filho(a) ou dependente legal não terá nenhum custo e não receberá nenhuma remuneração ao participar da pesquisa.

Esclarecemos que a coleta de dados na 2ª etapa será realizada por meio da consulta direta ao diário de bordo, material escrito produzido pelos estudantes durante o desenvolvimento da atividade de modelagem. A coleta de dados nas 3ª e 4ª etapas será via gravação de áudio da entrevista que, posteriormente, será transcrita para análise. Ressaltamos que a identificação dos estudantes participantes da pesquisa será omitida e não implicará sobre a avaliação do desempenho escolar. Entendemos que os riscos decorrentes da participação do seu filho ou filha nessa pesquisa são mínimos, restringindo-se a: (2ª etapa) dano físico ao material recolhido, perda, extravio ou consulta por terceiros não autorizada; (3ª e 4ª etapa) possível cansaço ao longo da entrevista, inibição, angústia ou constrangimento ao participar da entrevista, decorrente do uso de equipamentos de registro ou do desconforto em responder alguma pergunta.

Como ação mitigadora dos riscos apontados para a 2ª etapa, somente o pesquisador e o orientador terão acesso aos diários de bordo que permanecerão guardados em armário com chave, de acesso exclusivo dos pesquisadores responsáveis (o mestrando e o orientador), no gabinete do professor orientador, localizado no prédio 07 do campus 2 do CEFET-MG.

Como ação mitigadora dos riscos apontados para a 3ª e 4ª etapas, o pesquisador se compromete a proceder uma escuta atenta às reações e emoções manifestadas pelo estudante durante a entrevista, de forma a interrompê-la em caso de qualquer sinal de angústia ou constrangimento. Além disso, o estudante poderá solicitar ao entrevistador a interrupção da entrevista e, caso sinta necessidade, deixar o local da entrevista sem prestar esclarecimentos e sem qualquer prejuízo ou consequência para sua rotina e escolar. A fim de preservar a identidade do estudante, bem como seu anonimato, os arquivos dos registros de áudio ficarão guardados em um computador portátil de acesso exclusivo do pesquisador. Cada arquivo será identificado com um código alfanumérico de conhecimento exclusivo dos pesquisadores responsáveis. Os cartões de memória utilizados para a produção dos registros de áudio das entrevistas também serão guardados em armário com chave, de acesso exclusivo dos pesquisadores responsáveis (o mestrando e o orientador), no gabinete do professor orientador, localizado no prédio 07 do campus 2 do CEFET-MG.

Por outro lado, entendemos que o seu filho ou filha poderá ser diretamente beneficiado(a) por meio da possibilidade de refletir sobre seu próprio processo de aprendizagem e desenvolvimento profissional, uma vez que o desenvolvimento de habilidades transcende ao ambiente escolar e ocorre de forma contínua ao longo da vida, por meio de experiências como as atividades de modelagem – o objeto de estudo desta pesquisa. Semelhantemente, de forma direta à sociedade e indireta aos estudantes, a pesquisa possibilitará a reflexão sobre os aspectos do desenvolvimento de habilidades técnicas e cognitivas que transcorrem no ambiente escolar, possibilitando a criação e o aperfeiçoamento das práticas de ensino em educação profissional e tecnológica, área de notória relevância para a sociedade.

Como participante de uma pesquisa e de acordo com a legislação brasileira, o seu filho é portador de diversos direitos, além do anonimato, da confidencialidade, do sigilo e da privacidade, mesmo após o término ou interrupção da pesquisa. Assim, será garantido a você e ao seu filho(a):

- a observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo as Resoluções 466 (e, em especial, seu item IV.3) e 510 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplinam a ética em pesquisa e este Termo;
- a plena liberdade para decidir sobre sua participação sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza;
- a plena liberdade de retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza. Nesse caso, os dados colhidos de sua participação até o momento da retirada do consentimento serão descartados a menos que você autorize explicitamente o contrário;
- o acompanhamento e a assistência, mesmo que posteriores ao encerramento ou interrupção da pesquisa, de forma gratuita, integral e imediata, pelo tempo necessário, sempre que requerido e relacionado a sua participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- o acesso aos resultados da pesquisa;
- o ressarcimento de qualquer despesa relativa à participação na pesquisa (por exemplo, custo de locomoção até o local combinado para a entrevista), inclusive de eventual acompanhante, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa;
- o acesso a este Termo. Este documento é rubricado e assinado por você e por um pesquisador da equipe de pesquisa, em duas vias, sendo que uma via ficará em sua propriedade. Se perder a sua via, poderá ainda solicitar uma cópia do documento à pesquisadora responsável.

Ninguém, além do pesquisador e do orientador, saberá que seu filho(a) está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos fornecer. Os dados e resultados da pesquisa serão publicados apenas em eventos ou publicações científicas, mas sem identificar as pessoas que participaram da pesquisa. Todos os dados coletados nesta pesquisa ficarão guardados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador Vinicius da Silva Fiuza, no endereço Rua Francisco Lobo, 848, Bairro Esplanada, Cep.: 30.280.080, pelo período de 5 anos.

Qualquer dúvida ou necessidade – nesse momento, no decorrer da participação do seu filho ou filha ou após o encerramento ou eventual interrupção da pesquisa – pode ser dirigida ao pesquisador Vinicius da Silva Fiuza, por e-mail: [vinicius.fiuza@gmail.com](mailto:vinicius.fiuza@gmail.com), telefone (31) 9 8589 9508, pessoalmente ou via postal para Rua Francisco Lobo, 848, Bairro Esplanada, BH (30.280-080).

Se preferir, ou em caso de reclamação ou denúncia de descumprimento de qualquer aspecto ético relacionado à pesquisa, você poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), vinculado à CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), comissões colegiadas, que têm a atribuição legal de defender os direitos e interesses dos participantes de pesquisa em sua integridade e dignidade, e para contribuir com o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos. Você poderá acessar a página do CEP, disponível em: <<http://www.cep.cefetmg.br>> ou contatá-lo pelo endereço: Av. Amazonas, 5253, Nova Suíça; E-mail: [cep@cefetmg.br](mailto:cep@cefetmg.br); Telefone: (31) 3319-7021.

Se você autorizar a participação do seu filho(a) ou dependente legal na pesquisa, peço-lhe que rubrique todas as páginas deste Termo, identifique-se e assine a declaração a seguir, que também deve ser rubricada e assinada pelo pesquisador.

## **DECLARAÇÃO**

Eu, \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_, abaixo assinado, de forma livre e esclarecida, declaro que autorizo a participação do meu filho (a) ou dependente legal na pesquisa como estabelecido neste TERMO.

Nome do(a) estudante: \_\_\_\_\_

Assinatura dos responsáveis pelo(a) estudante: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020 \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B: TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) PARA OS ESTUDANTES.

Projeto CAAE: \_\_\_\_\_, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

Este termo deve ser entregue, em mãos, ao estudante \_\_\_\_\_, assim que possível, após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) ser assinado pelos responsáveis legais, caso seja menor de 18 anos, e após ser aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CEFET MG.

Convidamos você, \_\_\_\_\_, após autorização dos seus pais ou responsáveis e \_\_\_\_\_, para participar como voluntário(a) da pesquisa intitulada “ATIVIDADE DE MODELAGEM E O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL”.

Este documento se chama Termo de Assentimento Livre e Esclarecido e pode conter algumas palavras que você não entenda. Se tiver alguma dúvida, pode perguntar à pessoa a quem está lhe entrevistando, para compreender tudo o que vai acontecer. O termo será lido oralmente para os participantes, com os esclarecimentos sendo dados presencialmente. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) sobre qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Após ler as informações a seguir, caso aceite participar do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema se desistir, é um direito seu. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento Livre e esclarecido (TCLE), podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento.

O pesquisador responsável pela investigação é o mestrando Vinicius da Silva Fiuza, RG: MG13.126.215, aluno do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). A pesquisa refere-se ao estudo sobre o processo de aprendizagem mediado por atividades de modelagem desenvolvidas no contexto da Educação Profissional Técnica de Nível Médio. Pretendemos contribuir com o campo das práticas de ensino em Educação Tecnológica ampliando a compreensão sobre o processo de desenvolvimento de habilidades, que pode ocorrer durante a execução de trabalhos de modelagem para apresentação em feiras de Ciências e Tecnologia, a META 2019 – Mostra Específica de Trabalhos e Aplicações. A pesquisa está organizada nas seguintes etapas:

**Etapa 1:** Levantamento de dados a respeito das estratégias de modelagem, desenvolvimento de habilidades e aprendizagem experiencial, por meio de pesquisa bibliográfica e documental, que possibilitarão a elaboração da fundamentação teórica para a pesquisa. Fonte de dados: Teses, dissertações e artigos.

**Etapa 2:** Levantamento de dados sobre as estratégias de modelagem adotadas pelos estudantes na construção dos modelos apresentados na META. Fonte de dados: Diários de bordo dos trabalhos apresentados na META.

**Etapa 3:** Levantamento de dados sobre estilos de aprendizagem dos estudantes participantes das atividades de modelagem. Fonte de dados: Estudantes que elaboraram trabalhos de modelagem apresentados na META (Sujeitos da pesquisa). Instrumento de coleta de dados: Entrevista semiestruturada adaptada do Inventário de Estilos de Aprendizagem – *Learning Style Inventory (Isi)*.

**Etapa 4:** Levantamento de dados sobre as habilidades usadas e desenvolvidas ao longo da atividade de modelagem. Fonte de dados: Diários de bordo dos trabalhos apresentados na META e estudantes que elaboraram trabalhos de modelagem apresentados na META (Sujeitos da pesquisa). Instrumento de coleta de dados: Pesquisa documental e entrevista semiestruturada.

**Etapa 5:** Análise dos dados a luz da teoria da aprendizagem experiencial, descrever a ação e reflexão dos estudantes no processo de modelagem, estabelecer relações entre estratégias de modelagem, habilidades usadas e desenvolvidas pelos estudantes e os estilos de aprendizagem.

A sua participação, após o seu assentimento e consentimento livre e esclarecido do responsável legal, ocorrerá, de forma indireta na 2ª etapa, que envolverá apenas a análise das produções textuais dos diários de bordo, e de forma direta na 3ª e 4ª etapas, que envolve uma eventual solicitação de entrevista.

A análise das produções textuais levantadas na 2ª etapa, será realizada garantindo o anonimato e a segurança dos estudantes autores dos diários de bordo. Ressaltamos que a análise desse material não implicará sobre a avaliação do desempenho escolar. A realização de entrevistas com alguns estudantes após a análise do material a fim de esclarecer aspectos que não puderam ser bem compreendidos somente com os dados das produções textuais. Eventualmente, você poderá ser contactado para uma entrevista a ser realizada até o final do 2º semestre letivo de 2020. Você não será obrigado a participar das entrevistas, tendo a liberdade de recusar ou desistir de conceder a entrevista a qualquer momento sem que isso acarrete qualquer prejuízo ou consequência sobre a sua rotina escolar, avaliação ou desempenho. O local e o horário da entrevista serão combinados respeitando a sua disponibilidade e preferência. O ambiente escolhido para a realização da entrevista será uma sala de aula comum do campus 1 do CEFET-MG que

ofereça condições de conforto (pouco ruído ou barulho, isento de odores, com iluminação e mobiliário adequados), e condições de privacidade ao estudante. Consideramos importante dizer que você não terá nenhum custo e não receberá nenhuma remuneração ao participar da pesquisa.

Esclarecemos que a coleta de dados na 2ª etapa será realizada por meio da consulta direta ao diário de bordo, material escrito produzido pelos estudantes durante o desenvolvimento da atividade de modelagem. A coleta de dados nas 3ª e 4ª etapas será via gravação de áudio da entrevista que, posteriormente, será transcrita para análise. Ressaltamos que a identificação dos estudantes participantes da pesquisa será omitida e não implicará sobre a avaliação do desempenho. Entendemos que os riscos decorrentes da sua participação nessa pesquisa são mínimos, restringindo-se a: (2ª etapa) dano físico ao material recolhido, perda, extravio ou consulta por terceiros não autorizada; (3ª e 4ª etapa) possível cansaço ao longo da entrevista, inibição, angústia ou constrangimento ao participar da entrevista, decorrente do uso de equipamentos de registro ou do desconforto em responder alguma pergunta.

Como ação mitigadora dos riscos apontados para a 2ª etapa, somente o pesquisador e o orientador terão acesso aos diários de bordo que permanecerão guardados em armário com chave, de acesso exclusivo dos pesquisadores responsáveis (o mestrando e o orientador), no gabinete do professor orientador, localizado no prédio 07 do campus 2 do CEFET-MG.

Como ação mitigadora dos riscos apontados para a 3ª e 4ª etapas, o pesquisador se compromete a proceder uma escuta atenta às reações e emoções manifestadas pelo estudante durante a entrevista, de forma a interrompê-la em caso de qualquer sinal de angústia ou constrangimento. Além disso, o estudante poderá solicitar ao entrevistador a interrupção da entrevista e, caso sinta necessidade, deixar o local da entrevista sem prestar esclarecimentos e sem qualquer prejuízo ou consequência para sua rotina escolar. A fim de preservar a identidade do estudante, bem como seu anonimato, os arquivos dos registros de áudio ficarão guardados em um computador portátil de acesso exclusivo do pesquisador. Cada arquivo será identificado com um código alfanumérico de conhecimento exclusivo dos pesquisadores responsáveis. Os cartões de memória utilizados para a produção dos registros de áudio das entrevistas também serão guardados em armário com chave, de acesso exclusivo dos pesquisadores responsáveis (o mestrando e o orientador), no gabinete do professor orientador, localizado no prédio 07 do campus 2 do CEFET-MG.

Por outro lado, entendemos que você poderá ser diretamente beneficiado(a) por meio da possibilidade de refletir sobre seu próprio processo de aprendizagem e desenvolvimento profissional, uma vez que o desenvolvimento de habilidades transcende ao ambiente escolar e ocorre de forma contínua ao longo da vida, por meio de experiências como as atividades de modelagem – o objeto de estudo desta pesquisa. Semelhantemente, de forma direta à sociedade e indireta aos estudantes, a pesquisa possibilitará a reflexão sobre os aspectos do desenvolvimento de habilidades técnicas e cognitivas que transcorrem no ambiente escolar, possibilitando a criação e o aperfeiçoamento das práticas de ensino em educação profissional e tecnológica, área de notória relevância para a sociedade.

Como participante de uma pesquisa e de acordo com a legislação brasileira, você é portador de diversos direitos, além do anonimato, da confidencialidade, do sigilo e da privacidade, mesmo após o término ou interrupção da pesquisa. Assim, será garantido a você:

- a observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo as Resoluções 466 (e, em especial, seu item IV.3) e 510 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplinam a ética em pesquisa e este Termo;
- a plena liberdade para decidir sobre sua participação sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza;
- a plena liberdade de retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza. Nesse caso, os dados colhidos de sua participação até o momento da retirada do consentimento serão descartados a menos que você autorize explicitamente o contrário;
- o acompanhamento e a assistência, mesmo que posteriores ao encerramento ou interrupção da pesquisa, de forma gratuita, integral e imediata, pelo tempo necessário, sempre que requerido e relacionado a sua participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- o acesso aos resultados da pesquisa;
- o ressarcimento de qualquer despesa relativa à participação na pesquisa (por exemplo, custo de locomoção até o local combinado para a entrevista), inclusive de eventual acompanhante, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa;
- o acesso a este Termo. Este documento é rubricado e assinado por você e por um pesquisador da equipe de pesquisa, em duas vias, sendo que uma via ficará em sua propriedade. Se perder a sua via, poderá ainda solicitar uma cópia do documento à pesquisadora responsável.

Ninguém, além do pesquisador e do orientador, saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos fornecer. Os dados e resultados da pesquisa serão publicados apenas em eventos ou publicações científicas, mas sem identificar as pessoas que participaram da pesquisa. Todos os dados coletados nesta pesquisa ficarão guardados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador Vinicius da Silva Fiuza, no endereço Rua Francisco Lobo, 848, Bairro Esplanada, Cep.: 30.280.080, pelo período de 5 anos. Você não pagará nada para participar desta pesquisa. Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do CEFET MG - CEP, Av. Amazonas, 5253, Nova Suíça – Belo Horizonte/MG – CEP: 30.421-169, telefone (31) 3319-7021.

Se você concordar em participar da pesquisa, solicitamos que preencha as lacunas e assine a declaração de assentimento no verso desta folha.

### ASSENTIMENTO DO MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado “ATIVIDADE DE MODELAGEM E O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL”, como voluntário(a). Fui informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora sobre a investigação e como será a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precisemos pagar nada.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador responsável

\_\_\_\_\_  
Assinatura do estudante

Belo Horizonte, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do estudante em participar.

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores)

1ª testemunha:	2ª testemunha:
Assinatura:	Assinatura:

## **APÊNDICE C: ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS**

**Título do Trabalho:**

**Nome dos entrevistados:**

**Idade:**

**Curso/Ano:**

### **A) Perguntas relacionadas a fase de pesquisa teórica para construção dos modelos.**

- 1) Como surgiu o interesse pelo tema?
- 2) O que vocês decidiram fazer?
- 3) O que tiveram que fazer para desenvolver a pesquisa do trabalho?
- 4) O que tiveram que aprender para fazer a pesquisa?
- 5) Quais ferramentas usaram?

### **B) Perguntas relacionadas a fase de implementação dos modelos.**

- 6) O que tiveram que fazer para construir o modelo?
- 7) O que tiveram que aprender para construir o modelo?
- 8) Quais materiais e ferramentas usaram?
- 9) Como se sentiram ao longo do trabalho?

**APÊNDICE D: SENTENÇAS DO INVENTARIO DE ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE KOLB 3.1.**

## Bloco de perguntas sobre o estilo de aprendizagem

Você encontrará 12 sentenças, cada uma com quatro campos de resposta. Classifique cada campo de forma a retratar a maneira como você age ao ter que aprender algo. Procure recordar de algumas situações recentes que você teve que aprender algo novo, seja no trabalho, na escola ou em sua vida pessoal.

Classifique com 4 o complemento da sentença que caracteriza como você aprende melhor, decrescendo até indicar 1 para o complemento da sentença que caracteriza a maneira menos provável de como você aprende algo.

1. Nome:

---

2. Nome do trabalho apresentado na META:

---

3. Enquanto você aprende...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
gosta de lidar com meus sentimentos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gosta de pensar sobre ideias.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gosta de estar fazendo coisas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gosta de observar e escutar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Aprende melhor quando...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
ouve e observa com atenção.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
se apoia em pensamento lógico.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
confia em seus palpites e impressões.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
trabalha com afinco para executar a tarefa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Quando está aprendendo...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
tende a buscar explicações para as coisas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é responsável acerca das coisas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
fica quieto e concentrado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tem sentimentos e reações fortes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Aprende...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
sentindo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
fazendo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
observando.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
pensando.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Enquanto aprende...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
se abre a novas experiências.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
examina todos os ângulos da questão.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gosta de analisar as coisas, desdobrá-las em partes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gosta de testar as coisas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Enquanto está aprendendo...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
é uma pessoa observadora.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é uma pessoa ativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é uma pessoa intuitiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é uma pessoa lógica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Aprende melhor por meio de...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
observação.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
interações pessoais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
teorias racionais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
oportunidades para experimentar e praticar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Enquanto aprende...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
gosta de ver os resultados do seu trabalho.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gosta de ideias e teorias.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
pensa antes de agir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sente-se pessoalmente envolvido no assunto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Aprende melhor quando...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
se apoia em suas observações.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
se apoia em suas impressões.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
pode experimentar coisas por si mesmo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
se apoia em suas ideias.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Quando está aprendendo...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
é uma pessoa compenetrada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é uma pessoa flexível.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é uma pessoa responsável.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é uma pessoa racional.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Enquanto aprende...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
se envolve todo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gosta de observar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
avalia as coisas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gosta de estar ativo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Aprende melhor quando...

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4
analisa as ideias.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é receptivo e de mente aberta.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é cuidadoso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é prático.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

**APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO SOBRE A NECESSIDADE DE MEDIAÇÃO DURANTE AS ATIVIDADES.**

## Autoavaliação sobre necessidade de ajuda ou consulta nas atividades realizadas durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

Ajuda do orientador, colega, familiar...

Consulta a material de apoio como livros, apostilas, fóruns, vídeos...

1. Nome:

---

2. Título do trabalho apresentado na META (Não precisa ser exato):

---

3. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a fazer buscas de materiais bibliográficos, usando bases como google acadêmico, IEEE, Scielo, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

1 - Nenhuma

2 - Pouca

3 - Média

4 - Muita

5 - Extrema

6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

4. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de fazer buscas de materiais bibliográficos, usando bases como google acadêmico, IEEE, Scielo, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

5. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

6. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a organizar material bibliográfico durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

7. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de organizar material bibliográfico durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

8. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

9. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a assimilar conceitos e teorias durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

10. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de assimilar conceitos e teorias durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

11. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

12. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a coletar dados em campo, usando formulário, questionário ou entrevista, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

13. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de coletar dados em campo, usando formulário, questionário ou entrevista, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

14. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

15. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a realizar análise de dados usando algum método científico durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

16. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de realizar análise de dados usando algum método científico durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

17. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

18. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a escrever e formatar de acordo com normas acadêmicas, durante desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

19. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de escrever e formatar de acordo com normas acadêmicas durante desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

20. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 últimas questões.

---

---

---

---

---

21. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a usar ferramentas como Word, Excel, Power point... durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

22. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de usar ferramentas como Word, Excel, Power point... durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

23. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

24. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a aplicar conceitos e teorias compreendidos em uma situação real, realizando cálculos por exemplo, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

25. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de aplicar conceitos e teorias compreendidos em uma situação real, realizando cálculos por exemplo, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

26. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

27. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a fazer programação, criação de algoritmos, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

28. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de fazer programação, criação de algoritmos, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

29. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

30. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a fazer desenhos de projetos usando alguma ferramenta de CAD, Auto CAD, Protheus, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

31. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de fazer desenhos de projetos usando alguma ferramenta de CAD, Auto CAD, Protheus, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

32. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

33. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a usar alguma ferramenta de simulação computacional como MatLab, Oring, Protheus, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

34. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de usar alguma ferramenta de simulação computacional como MatLab, Oring, Protheus, entre outras, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

35. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 ultimas questões.

---

---

---

---

---

36. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a usar algum instrumento de medição, como multímetro, pHmetro, trena, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

37. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de usar algum instrumento de medição, como multímetro, pHmetro, trena, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

38. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 últimas questões.

---

---

---

---

---

39. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a realizar algum teste ou ensaio específico durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

40. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de realizar algum teste ou ensaio específico durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

41. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 últimas questões.

---

---

---

---

---

42. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando começou a realizar trabalhos com ferramentas manuais, como corte, costura, colagem, marcenaria, serralheria, montagem de circuitos, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

43. Avalie a sua necessidade de ajuda ou consulta quando terminou de realizar trabalhos com ferramentas manuais, como corte, costura, colagem, marcenaria, serralheria, montagem de circuitos, entre outros, durante o desenvolvimento do trabalho apresentado na META.

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 - Nenhuma
- 2 - Pouca
- 3 - Média
- 4 - Muita
- 5 - Extrema
- 6 - Não realizou esse tipo de atividade durante o trabalho

44. Comente sobre o motivo das respostas fornecidas nas 2 últimas questões.

---

---

---

---

---

---