



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
DOUTORADO EM ENSINO

**USO DE RECURSOS EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS
PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO METACOGNITIVO
NO ENSINO DE FÍSICA**

Andréia Spessatto De Maman

Lajeado/RS, abril de 2021

Andréia Spessatto De Maman

**USO DE RECURSOS EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS
PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO METACOGNITIVO
NO ENSINO DE FÍSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Doutorado em Ensino, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Doutora em Ensino na linha de pesquisa Recursos, Tecnologias e Ferramentas no Ensino.

Orientadora: Prof^a. Dra. Marli Teresinha Quartieri

Coorientador: Prof. Dr. Italo Gabriel Neide

Lajeado/RS, abril de 2021

Andréia Spessatto De Maman

**USO DE RECURSOS EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS
PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO METACOGNITIVO
NO ENSINO DE FÍSICA**

A banca examinadora aprova a Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Doutorado em Ensino, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para obtenção do grau de Doutora em Ensino, na linha de pesquisa Recursos, Tecnologias e Ferramentas no Ensino.

Prof^a. Dra. Marli Teresinha Quartieri – Orientadora
Universidade do Vale do Taquari – Lajeado/RS/Brasil

Prof. Dr. Italo Gabriel Neide - Coorientador
Universidade do Vale do Taquari – Lajeado/RS/Brasil

Prof^a. Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa
Universidade de Passo Fundo – Passo Fundo/RS/Brasil

Prof. Dr. Jesús Angel Meneses Villagrá
Universidade de Burgos – Burgos/Espanha

Prof^a. Dra. Maria Madalena Dullius
Universidade do Vale do Taquari – Lajeado/RS/Brasil

Prof^a. Dra. Sônia Elisa Marchi Gonzatti
Universidade do Vale do Taquari – Lajeado/RS/Brasil

Lajeado/RS, 30 de abril de 2021

“O ideal da educação não é aprender ao máximo, maximizar os resultados, mas é antes de tudo aprender a aprender, é aprender a se desenvolver e aprender a continuar a se desenvolver depois da escola.”

Jean Piaget

Dedico este trabalho ao meu filho, Anderson Spessatto De Maman, quem, mesmo sem ainda entender, foi minha maior motivação. Obrigada, luz da minha vida!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ser maior e superior, que me dá forças e me ilumina para seguir trilhando sempre por novos e diferentes caminhos.

Ao meu filho, Anderson, e a meu marido, André, pela compreensão, paciência e carinho. A eles, peço perdão pelas horas ausentes.

Aos meus pais, Jatir e Otilia, por sempre me motivarem a estudar e acreditar em um mundo melhor. Obrigada pelos ensinamentos da vida e por terem me permitido sonhar um dia com este doutorado.

À minha orientadora, amiga e colega de trabalho, professora Marli Teresinha Quartieri, pelos ensinamentos, que iniciaram ainda na minha Graduação, pela paciência, resiliência, sabedoria com que me auxiliou neste trabalho e acreditar em mim. A ela, minha eterna gratidão e admiração.

Ao meu coorientador, professor Italo Gabriel Neide, amigo e colega de trabalho, pelas discussões, ensinamentos e conversas em muitos momentos da realização deste trabalho. Muito obrigada por todo o apoio.

Aos integrantes do projeto de pesquisa Tendências no Ensino, pelas discussões e apontamentos. Juntos, aprendemos muito.

Aos colegas e professores do PPG Ensino, pelo conhecimento adquirido, amizades e experiências compartilhadas.

Aos alunos que participaram desta pesquisa, pela sua colaboração.

Enfim, agradeço a todos aqueles que me acompanharam nesta caminhada.

RESUMO

Motivado para um ensino e uma aprendizagem que preparam indivíduos críticos, autônomos e atuantes na sociedade, o presente estudo analisou indícios de pensamento metacognitivo de alunos de Engenharia, na disciplina de Física I, quando desafiados a solucionar situações-problema em que podem fazer uso de material experimental ou de simulação computacional. O referencial teórico abarca três pilares, estudos sobre metacognição, origem do termo e aplicações na sala de aula, as atividades experimentais e as simulações computacionais para o ensino de Física. A pesquisa foi realizada com dezesseis estudantes de Física I, de diferentes Cursos de Engenharia, de uma Universidade do Sul do país, por meio de uma prática pedagógica, organizada em três intervenções didáticas, utilizando roteiros-guia. A pesquisa de cunho qualitativo, do tipo descritiva, usou, para a coleta de dados, questionários respondidos tanto de forma escrita como oralmente, sendo posteriormente transcritos, e por diários de campo. A análise dos dados ocorreu por meio da elaboração de categorias *a priori*, usando características de ATD e atendendo aos objetivos específicos desta Tese. Como resultado, destaca-se a importância de se trabalhar com roteiros-guia que contenham: a) questões metacognitivas; b) objetivo claro para cada atividade proposta; c) promoção do uso de diferentes recursos; d) situações-problema próximos da realidade e conhecimento do aluno; e) apresentação de questões específicas do tema que está sendo explorado. Quanto ao recurso utilizado, a escolha também é um processo metacognitivo, pois o sujeito precisa avaliar as vantagens de um procedimento em relação a outro para essa situação com base em seus conhecimentos. Assim, ele planeja, regula e avalia qual o melhor caminho para a resolução da situação-problema seja por meio de um experimento, simulação ou outro recurso. Com esta pesquisa, foi possível compreender a metacognição como aliada à promoção dos processos de ensino e de aprendizagem, por meio de evidências de indícios do pensamento metacognitivo dos alunos participantes desse processo. Percebeu-se que, para a evocação do pensamento metacognitivo, é essencial a promoção de espaços para que os estudantes se autoconheçam, reflitam e pensem sobre seus conhecimentos como forma de aprimorar seu aprendizado. Além disso, verificou-se que os elementos metacognitivos (pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação) precisam atuar juntos, pois se influenciam mutuamente no sentido de auxiliar na ativação do pensamento metacognitivo. Levar o aluno a refletir ao longo do processo de aprendizagem, promovendo o pensamento metacognitivo, é ensiná-lo a ser estratégico, aumentar sua consciência sobre as operações e decisões diante de um desafio ou escolha a ser feita, sendo autônomo. Portanto, é significativa a função do professor de orientar e fomentar o pensamento metacognitivo dos estudantes, estimulando-os a aprender a pensar de forma autônoma e crítica, não só no âmbito da escola e universidade, mas em relação a atitudes e estratégias para a vida.

Palavras-chave: Metacognição. Simulações computacionais. Atividades experimentais. Ensino de Física.

ABSTRACT

Motivated for teaching and learning that prepares critical individuals, autonomous and active in society, the present study analyzed evidence of metacognitive thinking of Engineering students, in the discipline of Physics I, when challenged to solve problem situations in which they can make use of experimental or computer simulation material. The theoretical framework encompasses three pillars, studies on metacognition, origin of the term and applications in the classroom, experimental activities and computer simulations for teaching Physics. The research was carried out with sixteen Physics I students, from different Engineering Courses, from a University in the South of the country, through a pedagogical practice, organized in three didactic interventions, using guide scripts. The qualitative research, of the descriptive type, used, for data collection, questionnaires answered both in writing and orally, being later transcribed, and by field diaries. Data analysis occurred through the elaboration of categories a priori, using ATD characteristics and meeting the specific objectives of this Thesis. As results, the importance of working with guide scripts that contain: a) metacognitive issues; b) clear objective for each proposed activity; c) promoting the use of different resources; d) problem situations close to the student's reality and knowledge; e) presentation of specific questions on the topic being explored. As for the resource used, the choice is also a metacognitive process, as the subject needs to evaluate the advantages of one procedure in relation to another for this situation based on his knowledge. Thus, he plans, regulates and evaluates what is the best way to solve the problem situation, whether through an experiment, simulation or other resource. With this research, it was possible to understand metacognition as an ally to the promotion of teaching and learning processes, through of evidence of the metacognitive thinking of students participating in this process. It was noticed that, in order to evoke metacognitive thinking, it is essential to promote spaces for students to know themselves, reflect and think about their knowledge as a way to improve their learning. In addition, it was found that the metacognitive elements (person, task, strategy, planning, monitoring and evaluation) need to work together, as they influence each other in order to assist in the activation of metacognitive thinking. Taking the student to reflect along the learning process, promoting metacognitive thinking, is to teach him to be strategic, to increase his awareness of operations and decisions in the face of a challenge or choice to be made, being autonomous. Therefore, the teacher's role in guiding and fostering students' metacognitive thinking is significant, encouraging them to learn to think autonomously and critically, not only in the context of school and university, but in relation to attitudes and strategies for life.

Keywords: Metacognition, computer simulations, experimental activities, Physics Teaching.

RESUMEN

Motivado por una enseñanza y un aprendizaje que prepara individuos críticos, autónomos y activos en la sociedad, este estudio analizó indicios de pensamiento metacognitivo de estudiantes de Ingeniería, en la disciplina de Física I, cuando se les desafió a resolver situaciones problema en las que pueden utilizar material experimental o de simulación por computadora. El marco teórico engloba tres pilares, estudios sobre metacognición, origen del término y aplicaciones en el aula, las actividades experimentales y las simulaciones por computadora para la enseñanza de la Física. La investigación se realizó con dieciséis estudiantes de Física I, de diferentes Cursos de Ingeniería, de una Universidad del Sur del país, a través de una práctica pedagógica, organizada en tres intervenciones didácticas, utilizando guiones guía. La investigación de naturaleza cualitativa, de tipo descriptivo, utilizó, para la recolección de datos, cuestionarios contestados tanto por escrito como oralmente, siendo posteriormente transcritos, y diarios de campo. El análisis de los datos se produjo mediante la elaboración de categorías *a priori*, utilizando características de la ATD y cumpliendo los objetivos específicos de esta Tesis. Como resultado, se destaca la importancia de trabajar con guiones guía que contengan: a) cuestiones metacognitivas; b) objetivo claro para cada actividad propuesta; c) promoción del uso de diferentes recursos; d) situaciones problema cercanas a la realidad y al conocimiento del alumno; e) presentación de cuestiones específicas sobre el tema que se explora. En cuanto al recurso utilizado, la elección es también un proceso metacognitivo, ya que el sujeto necesita evaluar las ventajas de un procedimiento en relación a otro para esa situación en base a sus conocimientos. Así, él planifica, regula y evalúa cuál es la mejor forma para resolver la situación problema, ya sea por medio de un experimento, una simulación u otro recurso. Con esta investigación, fue posible entender la metacognición como un aliado para la promoción de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, a través de evidencias de indicios del pensamiento metacognitivo de los alumnos participantes de este proceso. Se notó que, para evocar el pensamiento metacognitivo, es fundamental promover espacios para que los estudiantes se autoconozcan, reflexionen y piensen sobre sus conocimientos, como forma de perfeccionar su aprendizaje. Además, se verificó que los elementos metacognitivos (persona, tarea, estrategia, planificación, seguimiento y evaluación) deben trabajar juntos, ya que se influyen entre sí para ayudar en la activación del pensamiento metacognitivo. Llevar al alumno a reflexionar a lo largo del proceso de aprendizaje, impulsando el pensamiento metacognitivo, es enseñarle a ser estratégico, a aumentar su conciencia sobre las operaciones y decisiones ante un desafío o elección a realizar, siendo autónomo. Por lo tanto, es significativa la función del profesor de orientar y fomentar el pensamiento metacognitivo de los estudiantes, estimulándolos a aprender a pensar de forma autónoma y crítica, no solo en el contexto escolar y universitario, sino también en relación a actitudes y estrategias para la vida.

Palabras clave: Metacognición, simulaciones por computadora, actividades experimentales, enseñanza de la Física.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes e elementos metacognitivos.....	35
Figura 2 - Cronograma das atividades desenvolvidas nesta Tese	67
Figura 3 - Contribuições do teste-piloto para a pesquisa.	78
Figura 4 - Síntese dos resultados do elemento Pessoa	82
Figura 5 - Síntese dos resultados do elemento Tarefa.....	86
Figura 6 - Síntese dos resultados do elemento Estratégia.....	91
Figura 7 - Síntese dos resultados do elemento Planificação.....	95
Figura 8 - Síntese dos resultados do elemento Monitoração.	100
Figura 9 - Síntese dos resultados do elemento Avaliação.	105
Figura 10 - Síntese dos elementos metacognitivos.....	105
Figura 11 - Tipos e temas dos roteiros.....	108
Figura 12- Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre queda livre	121
Figura 13 - Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre atrito .	123
Figura 14 - Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre pêndulo	126
Figura 15 - Elementos que resumem a Tese	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Trabalhos selecionados do BDTD.....	42
Quadro 2- Artigos selecionados do Portal de Periódico da Capes.....	46
Quadro 3 - Artigos selecionados do Portal ERIC	50
Quadro 4 - Artigos selecionados da revista <i>Journal of Research in Science Teaching</i>	53
Quadro 5 - Questionamentos de acordo com os seis elementos metacognitivos	59
Quadro 6 - Ações e manifestações metacognitivas.	62
Quadro 7 - Nomenclatura utilizada para os excertos de acordo com os instrumentos de coleta de dados.	65
Quadro 8 - Alterações do roteiro do teste-piloto para a primeira intervenção	72
Quadro 9 - Respostas dadas para cada elemento metacognitivo.	75
Quadro 10 - Algumas das perguntas metacognitivas utilizadas nas intervenções ..	110
Quadro 11 - Relação entre o tipo de roteiro e os recursos utilizados em cada intervenção.....	127

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Atividades experimentais e computacionais no ensino de Física...	14
2.2 Metacognição: caminho do conhecimento.....	26
2.3 Estado do conhecimento.....	41
3 CAMINHOS DA PESQUISA.....	56
3.1 Procedimentos da pesquisa.....	56
3.2 Procedimentos do teste-piloto e da prática pedagógica	67
3.2.1 Teste-piloto.....	67
3.2.2 Contextualização e a prática pedagógica	69
4 ANÁLISE E RESULTADOS	71
4.1 Resultados do teste-piloto – primeiro semestre de 2019	72
4.2 Resultados da prática pedagógica – segundo semestre de 2019 ...	78
4.2.1 Elementos metacognitivos e o envolvimento dos sujeitos.....	78
4.2.2 Características dos roteiros como guias do pensamento metacognitivo.....	107
4.2.3 Uso de recursos para evocação do pensamento metacognitivo	119
5 CONCLUSÃO	130
REFERÊNCIAS	153
APÊNDICE 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	154
APÊNDICE 2 – ROTEIRO-GUIA: QUEDA LIVRE.....	155
APÊNDICE 3 – ROTEIRO-GUIA: RECONHECENDO FORÇAS DE ATRITO	158
APÊNDICE 4 – ROTEIRO-GUIA: PÊNDULO SIMPLES.....	160

1 INTRODUÇÃO

Muitos alunos ingressantes no Ensino Superior têm apresentado lacunas em sua formação, em especial na área das Ciências Exatas. Essa deficiência vem resultando em altos índices de reprovação em disciplinas básicas dos Cursos de Engenharia, em especial as de Física e Cálculo. Silva *et al.* (2016), em seus estudos, apontam uma taxa de reprovação de 61,28% na disciplina de Física 1, no Curso de Engenharia Elétrica do IFBA, de Vitória da Conquista. Já Hora, Mesquita e Gomes (2017) divulgam dados coletados de 2013 a 2016, no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Goiás, em que os maiores índices de reprovação se concentravam no ciclo básico, abrangendo as disciplinas de Cálculo e Física. Por sua vez, Cardoso *et al.* (2020) mencionam um estudo sobre retenção de alunos, no Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do IFMG. Nele constam os índices de reprovação, sendo de 55% a 68% em Cálculo I e 42% a 64% em Física I, no período de 2015 – 2018. Esses são alguns exemplos da realidade dos cursos superiores, de forma geral, que envolvem não só a área de Engenharia.

Fernandes Filho (2001), ao analisar a área de Matemática dos Cursos de Engenharia Civil e Engenharia Sanitária na PUC – Campinas, sustenta que uma das razões para a falta de êxito nas disciplinas está associada ao baixo nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos. Couto *et al.* (2013) corroboram essa ideia quando revelam que esses discentes não possuíam habilidade de coletar informações explícitas nos textos e relacioná-las com o dia a dia, além de serem incapazes de ir além dos conhecimentos básicos para resolver problemas matemáticos. Oliveira *et al.* (2020) e Pacheco e Andreis (2018) enfatizam que a maior parte das lacunas, evidenciada na área da Matemática, no Ensino Superior, tem relação com a má formação desses estudantes na Educação Básica e expõem dados do Censo da

Educação Básica de 2019. De acordo com os referidos autores, em escolas de Educação Básica localizadas no Sudeste de Goiás, 40% a 60% das disciplinas do Ensino Médio eram ministradas por professores que não possuíam licenciatura na área em que atuavam, realidade que, infelizmente, atingia/atinge outros estados. Outro fator que Pacheco e Andreis (2021) atribuem às lacunas é o método de ensino aplicado na Educação Básica, que continua, majoritariamente, tradicional¹ e ineficaz para a aprendizagem. Gerab e Valério (2014, p. 2) argumentam que os ingressantes nas primeiras disciplinas de Física, “às vezes se defrontam com dificuldades decorrentes das lacunas do seu conhecimento em Matemática e Física deixadas por um ensino médio deficitário”. Esses obstáculos são identificados já no início do Curso, momento em que o aluno precisa se adaptar ao contexto do Ensino Superior.

Ao considerar os estudos apresentados, pode-se inferir, de forma indutiva, que as reprovações em Física também estão relacionadas à ausência de bases de raciocínio lógico-matemático abstrato. Tais dificuldades já eram percebidas na Educação Básica, em 2006, ano em que a pesquisadora ingressou, como professora, na escola pública, nas disciplinas de Física e Matemática, no Ensino Médio. Essas deficiências acabam se acumulando ao longo da vida escolar e os que adentram no Ensino Superior, ao cursarem as primeiras disciplinas, de imediato, enfrentam dificuldades de acompanhá-las, fato que os desmotiva a continuarem os estudos. No que se refere aos Cursos de Engenharia, essa evidência é constatada principalmente nas disciplinas de Cálculo e Física, refletindo em altos índices de reprovação e desistência (RAAD; OLIVEIRA, 2012).

Como professora de Física dos Cursos de Engenharia, a pesquisadora tem convivido com a presença desse problema em sala de aula pelo fato de os alunos terem frequentado diferentes escolas: públicas, privadas, EJA (Educação de Jovens e Adultos), Cursos Técnicos e outros. Além disso, uma parte que concluíra o Ensino Médio há mais tempo decide voltar à sala de aula para cursar o Ensino Superior. Neste sentido, em função da diversidade de níveis de conhecimento existentes num mesmo espaço, o desafio é constante, e os alunos, por sua vez, têm o mesmo objetivo: serem engenheiros.

As lacunas advindas da trajetória escolar precisam ser trabalhadas e sanadas, por isso diversas são as estratégias utilizadas, como: leituras complementares,

¹ Ensino Tradicional é entendido pelos autores como um ensino por repetição e baseado na memorização de conteúdo.

material adicional, aulas de apoio oferecidas por setores internos da Universidade, espaços para conversa com a professora fora da sala de aula, disciplinas básicas oferecidas como eletivas e outras. Aliadas às estratégias oferecidas extraclasse, várias são as metodologias adotadas durante as aulas, além de recursos, como a utilização de atividade experimental e o uso de tecnologias para auxiliar os alunos na compreensão dos conceitos que estão sendo estudados.

Tais estratégias não se limitam à disciplina de Física; porém, esta é uma ciência experimental e observar fenômenos, coletar dados, analisar, interpretar e compreender o processo é a sua gênese, pois não há ciência se esta não for praticada. O conhecimento científico é construído por meio da experimentação e, segundo Alves Filho (2000), é por intermédio dela que se estabelecem as “verdades científicas”. Historicamente, a experimentação tem sido vinculada à produção de conhecimento, a forma como o cientista observa, coleta dados, registra e os divulga, tentando explicar fenômenos que permitem a formulação de leis ou teorias. Para Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002), a observação e a experimentação são requisitos metodológicos para a construção da ciência.

A experimentação tem um papel importante na construção do conhecimento. No que se refere à formação do engenheiro, este deveria ter contato com atividades experimentais já nas primeiras disciplinas, que podem ser exploradas na Física por ela compor a base curricular dos Cursos de Engenharia e há diretrizes que apontam para isso. A Câmara de Educação Superior, do Conselho Nacional de Educação, por meio da Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019, instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, citando, no art. 9º, § 1º, a Física como um dos conteúdos básicos do Projeto Pedagógico dos cursos. Esse mesmo documento, no § 3º, destaca que devem ser previstas atividades práticas e de laboratório, tanto para os conteúdos básicos como para os específicos e profissionais, sendo indispensáveis essas atividades nos casos de Física, Química e Informática, confirmando, dessa forma, a importância da experimentação em sala de aula para a formação desse profissional (BRASIL, RESOLUÇÃO n. 2, 2019).

Outro recurso didático que pode ser trabalhado em sala de aula como forma de auxiliar a aprendizagem discente é o uso de tecnologias. O aluno está conectado o tempo todo, acessando sites de pesquisa, redes sociais, aplicativos; então, por que não utilizar esse recurso também para o ensino? O uso de um *software* permite realizar experimentos que não seriam possíveis (experimentalmente) em uma sala de

aula, como simular o movimento de uma bola na Lua, em que a gravidade é menor do que a da Terra. A tecnologia também oferece dinamicidade quando permite observar a simulação enquanto que, automaticamente, preenche uma tabela e constrói um gráfico, tudo ao mesmo tempo.

Porém, ao trabalhar com tecnologias, assim como com atividades experimentais, deve-se ter o cuidado de não apenas inseri-las na sala de aula para estimular os alunos, pois a motivação faz parte do processo. Entretanto, não é só ela que promove a aprendizagem; os usos desses recursos devem ir além; é necessário que tenham um propósito, um objetivo, uma exploração baseada em cientificidade. Dito de outra forma, é preciso desenvolver o conteúdo por meio do recurso, explorando ao máximo as possibilidades que ele oferece, além de dedicar mais atenção às discussões que envolvem o fenômeno do que para o método da sua realização.

Neste momento, é pertinente relatar que leituras, discussões e debates sobre a forma de trabalhar com atividades experimentais e uso de tecnologias em sala de aula têm sido essenciais para o planejamento da pesquisadora, que acontece por meio de um grupo de pesquisa, intitulada “Tendências no Ensino”, no qual ela atua como voluntária. Esse grupo aborda discussões sobre formação de professores, atividades experimentais e utilização de tecnologias em sala de aula na área de Ciências da Natureza e Matemática.

O contato mais próximo e as discussões do grupo de pesquisa têm proporcionado o conhecimento e a compreensão das formas de trabalhar com atividades experimentais e simulações computacionais em sala de aula. Uma das ações é oferecer experiência internacional para doutorandos aprimorarem suas pesquisas no exterior, conhecendo outras realidades e pessoas para qualificar sua Tese, por meio do projeto de pesquisa intitulado “Atividades experimentais e tecnologias digitais nos processos de ensino e de aprendizagem na área de Ciências e Matemática”. O projeto conta com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS², e seu objetivo geral consiste em investigar como o uso de tecnologias digitais e de atividades experimentais pode promover melhorias nos processos de ensino e aprendizagem de Ciências e de Matemática nos diversos níveis de Ensino. Em 2020, em função da pandemia do

² EDITAL FAPERGS/CAPES 06/2018 – INTERNACIONALIZAÇÃO.

COVID-19, não foi possível realizar a ação, fato que impediu a ida da pesquisadora à Universidade de Burgos, na Espanha, para aprofundar seus conhecimentos sobre os temas que envolvem este estudo, bem como conhecer outras realidades e profissionais que trabalham com o tema metacognição. Também tinha-se como intuito, neste intercâmbio, assistir aulas e conversar com professores e pesquisadores espanhóis sobre como trabalham as atividades experimentais e utilizam a tecnologia em sala de aula, em particular no Ensino Superior. Esse contato proporcionaria qualificação a este trabalho e à formação acadêmica e profissional da pesquisadora.

Também foi por meio da participação no referido grupo de pesquisa que ela conheceu a metacognição, termo que teve origem com o psicólogo John Hurley Flavell, em 1971, que a definiu como o conhecimento que o sujeito tem quanto à sua cognição, ou seja, é o pensar sobre o pensar, associando a reflexão aos seus conhecimentos e ao sentimento destes em relação à estratégia utilizada para a resolução de uma atividade (FLAVELL, 1979; ROSA, 2014). Outros autores, como Campanario e Otero (2000), relatam que as estratégias de aprendizagens metacognitivas podem atuar como mecanismos para diagnosticar falhas de compreensão dos alunos, o que possibilitaria identificar o motivo da incompreensão, levando-os a buscar outras soluções viáveis. Além disso, os citados pesquisadores sustentam a ideia de que a identificação das concepções errôneas por meio da metacognição pode favorecer a tomada de consciência, pois, ao reconhecer o erro, o sujeito tem a chance de ir em busca de outros caminhos para a construção do novo conhecimento. Assim, a metacognição pode ser uma via para auxiliar o aluno no reconhecimento de sua forma de aprender, o aprender a aprender.

O conhecimento sobre a metacognição, seus elementos e o propósito de identificar o processo de aprendizagem dos alunos levaram a pesquisadora a definir o tema desta Tese: Uso de atividades experimentais e simulações computacionais aliados à metacognição nos processos de ensino e de aprendizagem da Física. A investigação foi desenvolvida em uma turma de Física I, composta de dezesseis alunos, de diversos Cursos de Engenharia, em uma Universidade do Sul do país. Nessa instituição, as disciplinas de Física eram compartilhadas entre os Cursos de Engenharia, o que explica a sua diversidade³ em uma mesma sala de aula.

³ Cursos da área das Engenharias: Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia Ambiental, Engenharia de Controle e Automação, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia Química, Engenharia de Alimentos, Engenharia de Produção.

A escolha pela disciplina de Física I ocorreu pelo fato de a pesquisadora ser docente dessa disciplina na referida Instituição e nela serem trabalhados conceitos de Mecânica, que, segundo Parisoto (2015), esta é uma disciplina que habitualmente os estudantes apresentam dificuldades, independentemente do nível de escolarização. Assim, neste estudo, abordaram-se os seguintes temas: queda livre, atrito, período e frequência de um pêndulo simples. A escolha não foi aleatória, uma vez que esteve associada ao período em que tais tópicos são trabalhados na disciplina, ou seja: o primeiro, na 3ª aula; o segundo, na 10ª; o terceiro, na 15ª, considerando que, no semestre, acontecem dezoito encontros presenciais. Ademais, são conteúdos que permitem a transposição experimental e o uso de simulações computacionais, meios que foram utilizados na investigação.

Diante desse contexto, o problema que norteou este estudo foi definido pela seguinte questão: Como alunos de Engenharia evocam o pensamento metacognitivo quando são desafiados a solucionar situações-problema nas quais podem fazer uso de material experimental ou de simulação computacional? Tal questionamento se alinha ao seguinte objetivo geral: Analisar indícios de pensamento metacognitivo de alunos de Engenharia, na disciplina de Física I, quando são desafiados a solucionar situações-problema nas quais podem fazer uso de material experimental ou de simulação computacional.

Para corroborar com o objetivo principal, elencaram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Elaborar e desenvolver roteiros-guia, envolvendo o uso de atividades experimentais ou simulação computacional, para resolver situações-problema, explorando conceitos da Física que permitam fomentar o pensamento metacognitivo dos alunos de Engenharia.
- b) Analisar a tomada de consciência metacognitiva com base nos elementos: pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação.
- c) Explorar como o uso de diferentes recursos pode evocar o pensamento metacognitivo.

Em consonância com o problema de pesquisa e os objetivos deste trabalho, entende-se que a metacognição é o conhecimento que o aluno tem sobre seu próprio conhecimento, somado à capacidade de se autorregular, ou seja, avaliar-se durante o processo de escolha das estratégias para atingir um objetivo. Esse processo metacognitivo pode perpassar pelos seis elementos metacognitivos com base nas

ideias de Flavell (1979) – pessoa, tarefa, estratégia – e nas de Brown (1978) – planificação, monitoramento, avaliação⁴.

Com este estudo, o intuito foi compreender os processos de ensino e aprendizagem por meio de indícios do pensamento metacognitivo dos alunos participantes deste processo. Assim, toma-se como hipótese que a promoção de espaços, para que os estudantes se autoconheçam, reflitam e pensem sobre seus conhecimentos, é um dos caminhos que podem aprimorar o seu aprendizado. Ademais, ao traçarem as melhores estratégias para a compreensão de um determinado conteúdo, com o auxílio de diferentes recursos; entre eles, as atividades experimentais e as simulações computacionais, podem levá-los a entender melhor os conteúdos de Física nos Cursos de Engenharia.

Esta pesquisa teve abordagem qualitativa por oferecer detalhamento do processo investigado, considerando o contexto e o ponto de vista da pesquisadora. Segundo Bogdan e Biklen (1994), uma investigação qualitativa tem o investigador como instrumento principal, que se insere no ambiente natural da fonte de dados, sendo este relevante ao contexto, “[...] entendendo que as ações podem ser melhor compreendidas quando são observadas no ambiente habitual de ocorrência [...]” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 48).

Além de qualitativa, a pesquisa teve característica descritiva, pois retratou situações de natureza empírica de um estudo realizado num determinado período (MARCONI; LAKATOS, 2009; GIL, 2010). A coleta de dados ocorreu com o auxílio dos seguintes instrumentos: questionários, gravações em áudio e diários de campo. Na análise dos dados, foram utilizadas ideias de Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galliazi (2016), em que foram determinadas as categorias *a priori*.

Como procedimentos didáticos, aplicaram-se um teste-piloto e uma prática pedagógica. Esta foi organizada em três intervenções didáticas, orientadas por roteiros-guia, uma para cada conteúdo (queda livre, atrito, além de período e frequência do pêndulo), em três momentos distintos, na disciplina de Física I, desenvolvidas durante o segundo semestre (2019/B). Os alunos foram desafiados, em pequenos grupos (máximo três integrantes), a resolverem uma situação-problema de Física, tendo à disposição materiais para realizar o experimento de forma prática, ou seja, fazer uso de material concreto disponível sobre a mesa ou por meio de uma

⁴ Esses elementos são discutidos no referencial teórico na seção 2.2 “Metacognição: caminho do conhecimento”, deste trabalho.

simulação computacional. Nos roteiros-guia, havia perguntas metacognitivas, distribuídas durante e ao final da atividade. Tais questionamentos levaram os estudantes a refletirem sobre como estavam pensando ou pensaram e por que fazem ou fizeram determinada escolha para a resolução da situação proposta. O propósito dessas questões foi auxiliá-los no processo de pensar metacognitivamente, promovendo momentos de reflexão para que eles se autorregulassem e se avaliassem no processo de aprendizagem.

Rosa e Meneses Villagrá (2018) enfatizam que, quando os alunos têm contato com processos metacognitivos, conseguem identificar quais são os caminhos que lhes possibilitam aprender de maneira mais autônoma e eficiente. Diante desse contexto, é possível inferir que a reflexão metacognitiva é produtiva na tomada de consciência do pensamento metacognitivo dos discentes, levando-os a identificar conhecimentos e estratégias necessárias para resolver determinada atividade. Essa conjuntura permite que tenham ciência do caminho percorrido e avaliem as escolhas relacionadas à sua estrutura cognitiva ativada durante o desenvolvimento da atividade e, dessa forma, melhorem seus processos de aprendizagem.

Ademais, os mencionados autores, ao realizarem uma revisão em pesquisas que descrevem intervenções didáticas em Física guiadas pela metacognição, tendo como base dados ERIC⁵, identificaram, como principais resultados, o crescimento e a disseminação dos estudos da metacognição com um volume maior de trabalhos envolvendo a resolução de problemas. Rosa e Meneses Villagrá (2018b) também apontam a diversidade de aproximações teóricas associadas à metacognição e a ênfase dada ao emprego de questionários como forma de avaliar as intervenções para o aumento do uso do pensamento metacognitivo pelos alunos. A referida pesquisa chama atenção pelo fato de poucos trabalhos estarem centrados em intervenções didáticas com base nos elementos metacognitivos, e que, em alguns, é difícil identificar os elementos específicos ou as construções teóricas em questão. Outro aspecto é que nenhum deles foca as intervenções exclusivamente na metacognição, isto é, embora estejam direcionados à melhoria do pensamento metacognitivo dos alunos, pouco se apoiam em suas discussões ou em um aprofundamento teórico, evidenciando uma lacuna nessa área de pesquisa. Os mencionados autores apontam

⁵ Education Resources Information Center (ERIC), considerada uma das mais completas e a mais antiga base de dados no campo da investigação em Educação.

a necessidade de realização de estudos ligados a intervenções didáticas com olhar teórico voltado à metacognição e referendam a importância de investigar as contribuições dessas intervenções para aprendizagem dos conhecimentos em Física. Nesta perspectiva, o presente trabalho de Tese teve o intuito de colaborar na investigação deste campo de pesquisa.

Esta Tese está organizada em cinco capítulos. O primeiro constitui a introdução que apresenta o tema e a justificativa pela qual se fez esta escolha; na sequência, são apresentados o problema de pesquisa, o objetivo geral e os específicos. O segundo trata da abordagem teórica, em que são discutidos os referenciais teóricos, sustentados por três pilares: atividades experimentais, simulações computacionais e metacognição. Ademais, é salientado o estado do conhecimento, considerando-se os temas/focos desta pesquisa. No terceiro, descrevem-se a metodologia da pesquisa e os procedimentos didáticos que foram desenvolvidos nas intervenções em sala de aula. No quarto, expõem-se os dados, sua análise e discussões; no quinto, encontram-se as considerações finais da pesquisa efetivada e propostas de seguimento. Por fim, constam as referências utilizadas nesta Tese e os apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo está organizado em três seções. Na primeira, são discutidos conceitos relacionados às atividades experimentais e simulações computacionais, bem como a importância do uso destas para a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem da Física. Na segunda, consta a definição do termo metacognição e sua origem nas ideias de Flavell (1979), as quais são complementadas pelas de Brown (1978). Também são citados os seis elementos metacognitivos que nortearam este estudo: pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação. Por fim, na terceira seção, apresenta-se o estado do conhecimento sobre os três temas discutidos no referencial: atividades experimentais, simulações computacionais e metacognição no Ensino Superior, baseado em bancos de dados nacional e internacional.

2.1 Atividades experimentais e computacionais no ensino de Física

Antes de iniciar, é preciso definir a expressão “atividades experimentais”, pois, na literatura, há diferentes explicações. Rosito (2003, p. 193) esclarece a diferença entre experiência, experimento, experimentação e atividades práticas. Para ela, experiência “é um conjunto de conhecimentos individuais ou específicos que constituem aquisições vantajosas acumuladas historicamente”; um experimento é “um ensaio científico destinado à verificação de um fenômeno físico” (p. 193), complementando que, nesse caso, seria necessário pôr à prova, ensaiar, testar algo. Em relação à experimentação, a autora afirma que se caracteriza como um processo de verificação de uma hipótese oriunda de experimentos, que pode ou não se transformar em uma lei. No que concerne às atividades práticas, a pesquisadora, com

base em Hodson (1994), sustenta que se referem a “qualquer trabalho em que os alunos estejam ativos e não passivos”.

Também é possível delinear o entendimento de experiência e experimentação, visto que há diversas interpretações. Assim, concebe-se como “experiência” interações que o sujeito vive com o cotidiano e que estas podem ser adquiridas ao longo de sua vida. Já Alves Filho (2000, p. 150) explica que “a experiência está fortemente ligada ao cotidiano do ser humano, às suas interações mais livres e mais descomprometidas formalmente com o seu entorno sociocultural”.

A “experimentação” está associada a um conceito científico, ou seja, “[...] é um fazer elaborado, construído, negociado historicamente, que possibilita através de processos internos próprios estabelecer verdades científicas” (ALVES FILHO, 2000, p. 150). Essa diferenciação é relevante, pois, para Hodson (1994), fazer ciência é diferente de aprendê-la. Na construção dos saberes, é importante considerar o papel da experimentação no contexto histórico, diferenciando-o das experiências dos alunos, pois os processos mentais que eles aprendem nas aulas são diferentes dos caminhos percorridos pelo cientista na elaboração de conceitos (PAZ, 2007). Neste trabalho, utiliza-se a expressão atividades experimentais em todas as atividades que envolveram material concreto e manipulável para os alunos. Da mesma maneira, quando citadas, as inferências e ideias relacionadas ao ensino de Ciências podem ser aplicadas de forma idêntica ao ensino de Física.

As atividades experimentais deveriam fazer parte do dia a dia das aulas de Ciências, pois, por meio delas, favorece-se a compreensão de fenômenos que são observados no cotidiano. Carvalho, Vannuchi e Barros (1998, p. 14) corroboram essa ideia ao apresentarem alguns estudos já realizados na área, constando que “os alunos trazem para a sala de aula conhecimentos já construídos, com os quais ouvem e interpretam o que falamos”. Assim, torna-se imprescindível que essas manifestações tenham espaço na sala de aula, para que o professor possa organizar seu planejamento com base no que seus discentes já conhecem, potencializando os processos de ensino e de aprendizagem. Esses autores apontam também a importância de as atividades experimentais estarem presentes já nos anos iniciais, pois entendem que as crianças constroem seu conhecimento científico “enquanto contam o que fizeram para o professor e para a classe, descrevem suas ações, estabelecendo, em pensamento, as próprias coordenações conceituais, lógico-matemáticas e causais” (p. 22).

Para Pavão (2011, p. 11), as crianças são naturalmente curiosas, sabem elaborar perguntas e apreciam atividades práticas, por isso as aulas de Ciências devem ser prazerosas. “Fazer ciência na escola é utilizar procedimentos próprios da ciência como observar, formular hipóteses, experimentar, registrar, sistematizar, analisar, criar, [...]”. Pavão (2011) ainda insere que a pesquisa para as crianças deve se basear na curiosidade e na exploração ativa, gerando indagações e o interesse pela ciência.

Os professores têm conhecimento de que a inclusão de atividades experimentais simples no decorrer das aulas estimula e desperta interesse entre alunos de variados níveis de escolarização (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; GIORDAN, 1999; VALADARES, 2001). Em efeito, a experimentação promove espaços para o estudante se tornar mais participativo e estimular a interdisciplinaridade conforme anuncia Guimarães (2009, p.198): “A experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamento de investigação”.

Entretanto, para o sucesso das atividades experimentais, é importante frisar que o seu planejamento deve ser bem organizado e, assim, enriquecer o conhecimento sobre a natureza da ciência, ressaltando o que é preciso aprender a observar e de que forma essa observação demonstra as teorias de quem o faz (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004). Cumpre enfatizar que incluir atividades experimentais nas aulas de Ciências, visando apenas agradar os alunos (no caso de eles as apreciarem) ou motivá-los, é algo preocupante.

Segundo Galiazzi *et al.* (2001), as atividades necessitam de reflexão constante sobre que se está desenvolvendo, mas, muitas vezes, os alunos não conseguem relacionar o que estão aprendendo com o que estão fazendo. Ainda para esses autores, uma aula prática deve ser desafiante; o estudante deve dedicar mais tempo refletindo do que manuseando equipamentos e vidrarias. Para Hodson (1994), uma forma eficaz de aprender ciência é praticá-la de maneira crítica e não seguir uma “receita”. Dessa forma, os discentes podem e devem estabelecer conexões entre a atividade realizada e os conhecimentos conceituais correlacionados com o tema. Portanto, cabe ao professor conduzir o experimento de tal forma que o aluno compreenda qual é o objetivo da atividade, quais os procedimentos que terá de realizar e como deverá agir para alcançar o que deseja.

Outro aspecto a ser abordado é que, seguidas vezes, as atividades experimentais são apresentadas aos alunos de uma maneira que não proporciona contribuições significativas para a aprendizagem, sendo meras reproduções de experimentos, sem reflexão sobre o processo. Além disso, o método científico que é utilizado transmite aos estudantes uma visão deformada dos cientistas, pregando a ciência como algo estático e inerte. Para Moreira (2014, p. 2), o ensino de Ciências é desenvolvido de forma que “as teorias e modelos científicos são ensinados como verdades, como ‘descobertas geniais’, como definitivos, ‘acabados’”. O autor corrobora a ideia ao afirmar que os professores não apresentam os conhecimentos como construções científicas e, portanto, “ensina-se ciências sem uma concepção do que é ciência” (p. 2).

No que se refere ao ensino de Física, segundo Pietrocola (2005), é uma ciência da natureza e como tal se propõe a conhecê-la da forma mais precisa possível. Em outras palavras, ela é uma ciência presente no mundo cotidiano que faz uso das leis, modelos matemáticos e representações para a interpretação dos dados empíricos, explicação de fenômenos e aplicações em diversos setores industriais, além de ser essencialmente experimental.

Sendo assim, no ensino de Física, as atividades experimentais geralmente se fazem presentes, pois é por meio delas que é possível fazer demonstrações de fenômenos que nos cercam, verificar dados ou ainda divulgar acontecimentos. Araújo e Abib (2003) apontam possibilidades de as atividades experimentais serem desenvolvidas como estratégias de ensino na Física. Os autores acrescentam que estas podem se focar apenas em verificações de leis ou teorias, ou em situações em que o aluno necessita refletir e repensar ideias a respeito do fenômeno e conceitos envolvidos, na expectativa de atingir um nível de aprendizado que lhe permita reestruturar seus modelos para a explicação do fenômeno. Seré, Coelho e Nunes (2003, p. 39) ratificam essa ideia ao explicitarem:

[...] as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados.

Dessa forma, o propósito é que o aluno atinja a autonomia ao manipular equipamentos, expor suas ideias, confrontá-las com dados encontrados e reorganizá-las num processo contínuo como é o aprender. Por conseguinte, é fundamental

trabalhar atividades experimentais acompanhadas de reflexões sobre os motivos pelos quais elas podem auxiliar os estudantes a alcançarem os objetivos de aprendizagem estabelecidos. Para Heidemann, Araujo e Veit (2016, p.13),

[...] é necessário ainda que a experimentação seja fundamentada em referenciais epistemológicos bem estabelecidos, de modo que as atividades não favoreçam a construção de concepções epistemológicas ingênuas por parte dos estudantes.

Ainda segundo os autores, as atividades experimentais no ensino de Física possibilitam trabalhar com metodologias que tornam os estudantes protagonistas de suas aprendizagens e, dessa forma, em algum nível, conquistam a liberdade de direcionar suas ações com o intuito de sanar suas curiosidades. Além do mais, é importante que lhes seja concedida a oportunidade de desempenharem um papel ativo nas aulas experimentais, visto que, possivelmente, isso os levará a compreender que os conhecimentos científicos podem ser mobilizados no enfrentamento de problemas relacionados a eventos reais. Em efeito, as atividades experimentais estimulam o estudante a participar ativamente da aula, levantar hipóteses e propor soluções para o fenômeno que está observando. Para Carvalho (2006, p.6), “quando as ideias espontâneas dos alunos ou explicações de fenômenos são colocadas em conflito com fenômenos observáveis nascem aprendizagens efetivas”. E quando isso acontece, os discentes conseguem construir sua própria compreensão acerca dos fenômenos observados, estabelecendo conexões entre conceitos, sua matematização e relações causais.

Além disso, a realização de experimentos representa uma ferramenta por meio da qual o aluno pode estabelecer a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática, percepção essencial em qualquer nível de ensino. Bonatto *et al* (2009) expressam a necessidade de eles serem realizados com o objetivo de promover a aprendizagem e não apenas como algo mecânico. Nessa mesma linha argumentativa, Reginaldo, Scheid e Güllich (2012, p. 11) pontuam que é importante investigar “que tipo de experimentação cabe no ensino, aí o fato de estudar, refletir as diferentes práticas experimentais, e como que elas devem ser aplicadas em determinadas teorias”. Ademais, deve existir relação entre a teoria e a experimentação para que os estudantes pesquisem, questionem, discutam e construam conhecimento.

Na visão epistemológica de Bunge (1974) sobre ciência, quando o ser humano pretende solucionar uma situação-problema, começa por fazer idealizações e simplificações até construir um modelo conceitual do fenômeno de interesse. Esse é

o processo de construção que esse estudioso considera para o desenvolvimento da ciência, em que basicamente o cientista modela para compreender a natureza. O autor acrescenta que, para ensinar ciências nessa perspectiva científica, poderia ser usada a modelagem, um processo pelo qual o aluno constrói seu próprio modelo a partir de seus conhecimentos, levantando hipóteses e testando-as para chegar à resolução de um problema.

Essa modelagem se daria por meio do uso da tecnologia, que não extingue a experimental; pelo contrário, complementa-a, já que muitos experimentos não são possíveis de serem realizados em sala de aula em razão de sua complexidade, ou perigo ou, ainda, impossibilidade em função de espaço físico (ARAÚJO; VEIT; MOREIRA, 2008). A evolução da tecnologia e o acesso facilitado a ferramentas, como computadores, *tablets* e *smartphones*, têm favorecido a sua utilização em escolas de Educação Básica e Instituições de Ensino Superior. Em tempos mais remotos, se não houvesse um espaço específico para tal, nada podia ser feito no laboratório de informática. Essa realidade mudou, pois, atualmente, praticamente todos os alunos, especialmente de Ensino Superior, dispõem de, no mínimo, um *smartphone* com acesso à internet, que pode ser utilizado em sala de aula como mais um recurso educacional.

Bittar (2011) destaca que muitas escolas - públicas e privadas - estão equipadas com laboratórios de informática e têm feito uso de tecnologia com seus alunos. Porém, sua utilização não está conectada aos conteúdos de sala de aula, pois não basta apenas inseri-la; é preciso integrá-la de maneira que o discente a compreenda e a explore a seu favor nos processos de ensino e aprendizagem. Portanto, a escolha por essa ferramenta e a forma como será desenvolvido o conteúdo são fundamentais para alcançar o êxito no processo.

Segundo Neide e Quartieri (2016), o processo de escolha do objeto de aprendizagem (OA⁶) não deve ser realizado aleatoriamente, pois tal opção é uma etapa fundamental para o desenvolvimento e sucesso da atividade em sala de aula. Valente (1997, p. 19), no início da utilização do computador em sala de aula, já destacava a potencialidade da ferramenta e o papel do professor na sua utilização: “[...] o uso inteligente do computador não é um atributo inerente ao mesmo, mas está vinculado à maneira de como nós concebemos a tarefa na qual ele será utilizado”.

⁶ Objeto de Aprendizagem, ou learning object, é definido como “qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para apoiar a aprendizagem” (WILEY, 2000, p. 4).

Giraffa (2010, p. 98) corrobora essas ideias ao enfatizar que “a discussão não é mais centrada na escolha do *software* tão somente, e sim em utilizar e selecionar quais dos recursos oferecidos se adaptam melhor aos objetivos pedagógicos que o docente possui”. Por sua vez, Arantes, Miranda e Studart (2010, p. 28) destacam que os OA devem ter

[...] conexão com o mundo real e incentivo à experimentação e observação de fenômenos; favorecer a interdisciplinaridade; oferecer alto grau de interatividade para o aluno; possibilitar múltiplas alternativas para soluções de problemas; ter combinação adequada e balanceada de textos, vídeos e imagens; apresentar retroalimentação e dicas que ajudem o aluno no processo de aprendizagem; estar identificados por área de conhecimento e nível de escolaridade; apresentar facilidades de uso, possibilitando acesso intuitivo por parte de professores e alunos não familiarizados com o manuseio do computador; apresentar fácil funcionamento e execução na Web para que de fato possam ser incorporados ao cotidiano do professor nos tempos atuais.

As características destacadas pelos autores auxiliam o professor a realizar uma “boa escolha”. Além disso, há OA de diferentes tipos, que Neide e Quartieri (2016) classificam em três categorias: jogos digitais, simuladores e modelagem:

- a) Os jogos digitais, com cunho pedagógico, proporcionam aos alunos motivação, pois são desafiados e encorajados a se envolverem na resolução de um problema; neles os alunos apenas jogam, não é possível realizar alguma alteração de variáveis ou parâmetros estabelecidos. Como exemplo, pode-se citar o jogo da memória.
- b) Os simuladores podem ser mais produtivos para o olhar pedagógico, pois permitem que o aluno modifique variáveis e altere parâmetros mesmo que de forma limitada (ARAUJO, 2005), sendo sua principal característica o caráter exploratório. Arantes, Miranda e Studart (2010, p. 29) escrevem que a simulação “pode ajudar a introduzir um novo tópico, construir conceitos ou competências, reforçar ideias ou fornecer reflexão e revisão final”. Nesta categoria, podem-se citar as simulações do PhET⁷.
- c) A modelagem computacional se diferencia da simulação, pois o aluno, além das variáveis, também pode elaborar a equação, ou modelo e tem autonomia para criar situações que representem um fenômeno físico. Como exemplo, pode-se citar o *Modellus*. Araújo, Veit e Moreira (2008, p. 1139)

⁷ PhET é um projeto da Universidade de Colorado Boulder que cria simulações interativas e gratuitas de Matemática e Ciências, baseadas na premissa de que os estudantes aprendam por exploração e descoberta num ambiente intuitivo, estilo jogo (Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/).

destacam que o uso de modelagem é um processo que gera resultados positivos,

[...] atividades de modelagem exercem uma influência positiva na predisposição do indivíduo em aprender física. Isto ocorre quando os alunos percebem a relevância de algumas relações matemáticas e conceitos durante a interação com modelos conceituais. Elementos que anteriormente pareciam ser muito abstratos se tornam familiares e mais concretos.

Araújo, Veit e Moreira (2012, p.6), nos processos de ensino e de aprendizagem de Física, distinguem as atividades computacionais de simulação e modelagem pelo acesso que os alunos têm aos parâmetros que compõem o modelo computacional, desdobrando-as em quatro categorias:

- a) *Atividade exploratória de simulação* - caracterizada pela observação, análise e interação do sujeito com modelos já construídos, que permitem que sejam alterados valores iniciais e parâmetros (e.g. physlets).
- b) *Atividade exploratória de modelagem* - definida pela análise da estrutura básica de um modelo computacional já construído. O aluno tem acesso aos primitivos do modelo e precisa descrevê-lo, corrigi-lo e/ou complementá-lo (e.g. um modelo no *software* Modellus).
- c) *Atividade expressiva de simulação* - identificada pela elaboração de modelos computacionais a partir da configuração e ajuste de propriedades de macroelementos presentes em um repertório pré-definido (e.g. Phun, Interactive Physics).
- d) *Atividade expressiva de modelagem* - caracterizada pelo processo de construção do modelo computacional desde sua estrutura lógica (regras lógicas), matemática (equações) ou icônica (metáforas). A construção de modelos computacionais com os aplicativos Worldmaker, LOGO (ou Modellus) e Stella, respectivamente, ilustra esse processo. Neste tipo de atividade, são apresentadas questões que visam à elaboração de modelos a partir de determinados fenômenos de interesse, sobre os quais podem ser fornecidas tanto informações qualitativas quanto quantitativas do sistema. O aluno pode interagir totalmente com o seu modelo, podendo reconstruí-lo tantas vezes quanto lhe pareça necessário para a produção de resultados que lhe sejam satisfatórios.

Nesta pesquisa, considerou-se o que Araújo, Veit e Moreira (2012) chamam de “Atividade exploratória de simulação”, denominando-a apenas simulação ou simulação computacional. Com a utilização desses termos, entre outros que pertencem à tecnologia no ensino, Silva e Silva (2017) apontaram um crescimento expressivo no número de trabalhos que envolvem o uso de tecnologias no ensino de Física. Ao analisarem as publicações dos principais eventos da área da Física (SNEF, EPEF e ENPEC) no período de 2005 – 2012, os autores mostraram também que as possibilidades metodológicas para a prática pedagógica, mediadas por simulações digitais no ensino de Física, são múltiplas e viabilizam novas vias de construção e conhecimento. Por sua vez, Souza e Silva (2019) desenvolveram uma investigação com o propósito de verificar quais práticas educativas, mediadas por simulações digitais, têm sido mais exploradas em pesquisas no Ensino de Física, nos últimos vinte

anos, no que se refere à prática pedagógica e recurso didático. O estudo apontou que, a partir da análise das metodologias de intervenção na prática pedagógica, as mais analisadas são as práticas que podem desenvolver o senso cognitivo no aluno, que instigam a sua curiosidade, além de motivá-lo a conhecer o conceito pesquisado.

Do ponto de vista dos recursos didáticos, as práticas mais exploradas se voltaram ao uso de simulações em multimídia e realidade virtual. De acordo com Souza e Silva (2019), o emprego de simulações nas práticas educativas se apresenta como um percurso de aprendizagem que pode ser trilhado, pois se trata de um recurso inclusivo que amplia a possibilidade de visualização e manipulação de experimentos de Física. Silva (2011) também reforça a utilização de tecnologias na sala de aula por propiciar a inovação na prática de ensino e viabilizar a circulação de informações de forma atrativa e facilitadora para a aprendizagem, além de tornar as aulas mais interessantes, diversificadas e participativas.

Uma das vantagens do uso de tecnologias em sala de aula, de acordo com Medeiros e Medeiros (2002), são as múltiplas representações simultâneas de um determinado fenômeno físico, em que se pode apresentar o experimento, a tabela de dados, a equação e o gráfico, tudo ao mesmo tempo. Também há o aspecto da visualização, que, conforme Borba e Villarreal (2004, p. 96), “os processos de visualização atualmente atingiram uma nova dimensão se for considerado o ambiente de aprendizagem computacional”. Nesse sentido, Brandão, Araújo e Veit (2008, p. 12) enfatizam:

O computador, visto como uma ferramenta didática no auxílio da aprendizagem, pode fornecer oportunidades ímpares para a contextualização, visualização e apresentações das mais diversas situações físicas que possam dar sentido ao conceito físico que esteja sendo trabalhado pelo professor.

Por sua vez, Araújo, Veit e Moreira (2004) afirmam que, mais do que a visualização, a interatividade é que faz sentido por ser um processo dinâmico, diferente de filmes ou vídeos aos quais o aluno apenas assiste. Nos OA, ele interage com o movimento dos corpos ao mesmo tempo que observa, por exemplo, gráficos ou tabelas que estão sendo construídos, fato que pode facilitar a compreensão do fenômeno envolvido. No que se refere à área da Matemática, Borba e Villarreal (2004) asseveram que, como os estudantes têm um rápido *feedback*, são capazes de testar seus resultados, bem como têm condições de avaliar suas próprias resoluções e

decidir qual a solução correta, o que pode promover sua autonomia e lhes conferir a liberdade de tomar decisões e propor diferentes estratégias de resolução.

Já Dorneles (2010) sublinha que a utilização de simulações computacionais favorece a compreensão de conceitos físicos de forma mais generalizada, o que oportuniza ao aluno o desenvolvimento de um raciocínio metódico, ou seja, organizado. No que lhes concerne, Arantes, Miranda e Studart (2010) consideram que as atividades que envolvem simulações podem influenciar o desenvolvimento de habilidades específicas dos discentes e também colaborar com o professor em seu trabalho na medida em que facilitam os processos de ensino e aprendizagem e contribuem para que os alunos se tornem mais independentes. Ademais, o uso dessas atividades integradas se apresenta como ferramenta potencialmente promissora no desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes.

No que se refere ao ensino de Física, Souza e Silva (2019) declaram que a utilização de simulações vem aumentando com o passar dos anos e que o movimento não provoca a ilusão de que elas (as simulações) possam um dia suceder os experimentos reais. Heidemann, (2011), Dorneles, Veit, Araújo (2009) já enunciavam que elas não devem substituir as atividades experimentais, mas sim, complementá-las de modo a auxiliar os alunos na compreensão das relações entre os objetos reais e virtuais. Dito de outra forma, é preciso um percurso integrado entre esses dois tipos de atividades, evidenciando que o uso de simulações digitais complementa esse cenário de experimentação em Física. Sua utilização, segundo Souza e Silva (2019, p. 4),

[...] favorece a compreensão de fenômenos físicos, estimular a curiosidade dos sujeitos, facilitar a visualização de fenômenos físicos, proporcionar a superação da posição passiva dos alunos em favor de uma postura ativa no processo de ensino e aprendizagem, motivá-los a estudar e aprender sobre ciências.

Estudos já realizados (MORO, 2015; RODRIGUES, 2016; HEIDEMANN, 2015; PAZ, 2007; DORNELES, 2010) apontam aspectos positivos referentes às atividades experimentais quando integradas ou aproximadas de atividades que abrangem o uso de tecnologias, afirmando haver aumentado a compreensão de conceitos da Física, a melhoria no desempenho acadêmico do aluno e seu maior envolvimento nas aulas. Outros autores, como Zacharia, Olympiou e Papaevripidou (2008) e Jaakkola e Nurmi (2008), já relatavam que, ao utilizarem as atividades experimentais integradas com simulações computacionais, perceberam haver um melhor entendimento dos

conceitos físicos envolvidos, promovendo avanço no desempenho acadêmico do aluno. O uso de tecnologias, aliado à experimentação, permite criar ambientes virtuais que transpõem a experimentação do fenômeno natural para a tela do computador, o que torna possível analisar detalhadamente as informações que permeiam o processo que está sendo descrito, consentindo que se faça, ao mesmo tempo, análise gráfica e de dados, além de interpretar equações e manipular variáveis, facilitando a análise como um todo.

Entende-se que essa integração de atividades experimentais e o uso de tecnologias na sala de aula devem estar presentes tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior. No que se refere ao ensino de Engenharia, Lima *et al.* (2020) apontam que parte dos profissionais recém-formados que ingressam no mercado de trabalho possuem, em grande parte, uma ampla formação teórica; porém, apresentam inseguranças e limitações em execuções e montagens práticas. Atividades experimentais com o uso de bancadas equipadas com componentes e instrumentos, bem como de *softwares* e simuladores que representam ou reproduzem a experiência de forma virtual, contribuem para a consolidação do conhecimento teórico na formação do engenheiro. Ademais, Guimarães e Castro (2019), salienta que uma das finalidades dos experimentos práticos é desenvolver a capacidade de solucionar problemas e favorecer a compreensão dos conceitos básicos em função do contato direto com fenômenos que os capacitam à manipulação de materiais e equipamentos. Diante desse contexto, experiências de ensino, tanto práticas como virtuais, podem auxiliar na formação do sujeito, pois propiciam não apenas um contato mais próximo com os dispositivos utilizados, mas também a confiança na execução e capacitação para o mercado de trabalho.

Outro aspecto relevante é que tais atividades, por ocorrerem geralmente em pequenos grupos, estimulam não somente as qualidades e conhecimentos técnicos referentes ao Curso de Graduação, mas também são responsáveis por proporcionar o contato entre os alunos e a comunidade, contribuindo para uma formação mais humanística, crítica e reflexiva, pertinente aos aspectos sociais e econômicos da sociedade (LIMA *et al.*, 2020). Segundo Carstensenm (2020), o uso de uma abordagem colaborativa e ativa das equipes de estudantes em sala de aula melhora o desempenho no ensino.

Além disso, cabe destacar que a inclusão da tecnologia no Ensino Superior deveria ser obrigatória, haja vista o atual processo em desenvolvimento, o da quarta

Revolução Industrial, conhecido como Indústria 4.0, que “promove a informatização da indústria e tem como base as inovações tecnológicas, permitindo a conectividade da automação, do controle e da tecnologia da informação para aprimorar os processos da manufatura e sua eficiência” (OLIVEIRA; SIMÕES, 2017). Portanto, o mercado de trabalho já exige dos profissionais uma formação multidisciplinar e flexível, além do domínio de novas ferramentas para que o indivíduo seja capaz de se adaptar a novas modalidades de gestão e controle remoto de processos (NUNES, 2018). Por isso, de acordo com Lima *et al* (2020), o uso de tecnologias deve estar aliado à educação e ao desenvolvimento do conhecimento científico, uma vez que impasses na engenharia, na maioria das vezes, são resolvidos ou evidenciados por meio de simulações de projetos, que, por sua vez, auxiliam na prevenção de erros ou acidentes, reduzindo custos materiais e humanos.

Como exemplo, encontram-se os diversos projetos que são desenvolvidos e trabalhados nos Cursos de Engenharia. Gomes *et al.* (2012) analisaram o uso da simulação de circuitos em uma disciplina experimental, em que apresentaram um *software* que permite ao aluno simular circuitos normalmente utilizados no estudo da Eletrônica de Potência, mostrando, por meio desse ambiente, os resultados da situação simulada pelo usuário. A aplicação de *softwares* no ensino da Eletrônica de Potência demonstrou que houve uma melhora na aprendizagem dos conteúdos da disciplina e no desempenho discente. De acordo com Ottonelli *et al.* (2020), o processo de ensino e de aprendizado da Eletrônica de Potência vem sendo modificado nos últimos anos pela exigência do mercado de trabalho, que cobra qualidade e menor custo possível de um serviço fornecido por esses futuros profissionais da engenharia.

O uso de simulações computacionais também pode atuar como ferramenta e técnica didática para propiciar a interdisciplinaridade da disciplina lecionada (LIMA *et al.*, 2020). Um exemplo a ser citado é a Introdução às Ciências Exatas (DE MAMAN *et al.* 2015; DE MAMAN *et al.* 2017), que compõe a matriz curricular de Cursos de Engenharia de uma Universidade no interior do Rio Grande do Sul, na qual são desenvolvidas atividades experimentais e virtuais que integram os conteúdos de Física e Matemática para alunos ingressantes nos citados Cursos, promovendo o êxito na aprendizagem e diminuindo os índices de reprovação e evasão (BORRAGINI, MAMAN, 2014). Tal integração também vem ao encontro do movimento internacional

STEM *education* (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), que busca valorizar, estimular, redefinir o ensino e a integração de disciplinas dessa área.

A origem do movimento está relacionada ao desinteresse de jovens por carreiras nessas áreas (CANNADY; GREENWALD; HARRIS, 2014; RITZ; FAN, 2015; REISS; MUJTABA, 2017). Neste sentido, o propósito é tornar as aulas mais atraentes, apresentando a ideia de um rompimento com o ensino passivo de ciências, em que o aluno pouco interage com o objeto de estudo e não vê conexões com o mundo empírico. O intuito é incluir nas aulas de Ciências áreas, como computação (Tecnologia) e design (Engenharia), na busca de atender à demanda por conhecimentos e habilidades consideradas cruciais ao século XXI (BECKER; PARK, 2011; HOEG; BENCZE, 2017), além de estar conectado com o contexto atual de desafios globais (sociais e ambientais) (BYBEE, 2013).

Após discorrer sobre o referencial teórico sobre atividades experimentais e simulações computacionais, na sequência, discute-se a metacognição sob o olhar de alguns autores escolhidos para problematizar o tema neste trabalho.

2.2 Metacognição: caminho do conhecimento

Metacognição, na etimologia da palavra, significa “para além da cognição” (GONZÁLEZ, 1996, p. 3), isto é, “conhecer o próprio ato de conhecer, ou, por outras palavras, consciencializar, analisar e avaliar como se conhece, pensar sobre o próprio pensamento”. Estas, entre outras expressões, são utilizadas por pesquisadores para se referir ao entendimento do que o psicólogo americano John Hurley Flavell, na década de 1970, chamou de “metacognição”.

Segundo Rosa *et al.* (2020), a forma como está sendo discutida atualmente a metacognição e sua expressividade nos estudos nos campos da Psicologia e da Educação iniciou com os trabalhos de Flavell (1971). É um termo que se tornou amplo e utilizado por diferentes áreas do conhecimento, agregando novos e distintos elementos; porém, percebe-se haver uma relação com a noção do pensamento sobre o próprio pensamento. Em efeito, são várias as discussões acerca desse tema e, embora se trate de um processo consciente, há dificuldades para esclarecê-lo.

É importante relatar que pesquisas sobre metacognição têm aumentado nos últimos anos e, para exemplificar, cita-se o trabalho de Zohar e Barzilai (2013), que, após realizarem uma revisão de estudos sobre a metacognição no campo da

Educação em Ciências, revelaram que o tema vem crescendo em interesse no cenário nacional, particularmente a partir dos anos 2000. A revisão de Corrêa *et al.* (2020) no uso do termo “metacognição” também aponta que, no Brasil, as investigações nesse mesmo campo, incluindo a Matemática, têm aumentado significativamente. Essa situação é igualmente constatada na revisão realizada por Rosa e Schmitz (2020) para o campo da Educação. Os autores mostram que o número de estudos cresce no país, particularmente os relacionados à aprendizagem em Matemática, assim como os que envolvem expertise e sua vinculação com o pensamento metacognitivo. Ademais, há um consenso quando se trata de processos educativos no sentido de que a metacognição representa o conhecimento do conhecimento e a regulação da cognição (ou controle executivo e autorregulador) conforme consta no artigo de Rosa *et al.* (2020).

Graças à diversidade de contextos em que está sendo utilizado o termo metacognição, neste trabalho, optou-se pela definição clássica de Flavell (1976, 1979), acrescida dos detalhamentos de Brown (1978), que aproximam o termo da sala de aula, além das interpretações realizadas por Rosa (2014), que seguem essa mesma linha de entendimento. Portanto, nesta pesquisa, a definição de metacognição está centrada no aspecto educacional, atuando como uma estratégia de aprendizagem, pois os alunos podem fazer escolhas, refletir sobre elas e suas consequências, avaliando o processo, bem como o resultado obtido, avançando, assim, em seus processos cognitivos.

A origem do termo metacognição, conforme Rosa (2014), está em Flavell (1971), no artigo *First discussant's comments: what is memory development the development of?*, que é considerado o marco introdutório desse termo. Nesse artigo, é destacada a relação entre o funcionamento da memória e o conhecimento que se tem sobre os processos de memorização. Para Flavell (1971), a forma de ativar esse pensamento no aluno é por meio de uma atividade desafiadora, atuando como um estímulo para a evocação do conhecimento, a identificação do discente sobre o que ele julga saber ou não sobre o tema proposto, assim como seus sentimentos: “sei fazer”, “entendo bem este assunto”, “gosto desta matéria” (ROSA, 2014, p. 21).

Flavell (1976), em sua definição de metacognição, inclui a autorregulação, que é um processo em que o sujeito deve recorrer à sua estrutura cognitiva para monitorar e supervisionar seus próprios conhecimentos e não apenas identificá-los. Nesse sentido,

Metacognição refere-se ao conhecimento do indivíduo em relação aos seus próprios processos e produtos cognitivos ou qualquer coisa relacionada a estes, por exemplo, as propriedades de informação ou dados relevantes à aprendizagem. Por exemplo, eu estou praticando a metacognição (metamemória, meta-aprendizagem, meta-atenção, metalinguagem, ou o que seja), se eu notar que estou tendo mais problemas para aprender A em vez de B; se me surpreende que eu deveria verificar novamente C antes de aceitá-lo como fato; se me ocorre que eu deveria examinar melhor toda e qualquer alternativa em qualquer situação de tarefa de múltipla escolha antes de decidir qual é a melhor; se eu me torno consciente de que não tenho certeza do que o professor realmente quer que eu faça; se eu sinto que eu deveria fazer uma nota sobre D porque eu posso esquecer-lo; se eu penso em perguntar para alguém sobre E para verificar se eu compreendi. Em qualquer tipo de transação cognitiva com o ambiente humano ou não humano, uma variedade de atividades que processam informações pode surgir. A Metacognição refere-se, entre outras coisas, ao monitoramento ativo e consequente regulação e orquestração desses processos em relação aos objetivos cognitivos ou dados que eles suportam, normalmente a serviço de algum objetivo concreto (FLAVEL, 1976, p. 232, tradução minha).

Essa definição evidencia que a metacognição está associada ao sujeito ter conhecimento sobre seu próprio conhecimento e também de autorregular suas ações por meio de suas escolhas e planejamento das estratégias para atingir o objetivo desejado. Conforme Rosa (2014), em 1977, Flavell detalha como o conhecimento metacognitivo pode atuar como facilitador da ativação da memória, indicando que interfere na execução de uma atividade: a sensibilidade e o conhecimento de três elementos – pessoa, tarefa e estratégia.

A sensibilidade está associada à decisão de o indivíduo utilizar ou não estratégias para a resolução de uma tarefa, ou seja, acessar ou não seu pensamento cognitivo. É quando ele realiza a atividade de forma espontânea, sem pensar em uma estratégia específica, mas caso perceba a necessidade de utilizá-la, recorrerá ao pensamento cognitivo, no qual buscará aspectos relacionados aos elementos pessoa, tarefa e estratégia.

Os três elementos - pessoa, tarefa e estratégia - e as relações entre si resultam da crença do indivíduo como ser cognitivo. O elemento **pessoa** indica como o indivíduo relaciona o conhecimento que possui sobre si mesmo, suas crenças e mitos, ou seja, ela é representada pelas convicções que os sujeitos têm sobre si mesmos e em relação aos outros; autoavalia-se nas suas capacidades e limitações, pondo-as em prática a fim de alcançar o objetivo da tarefa.

Afinal, é uma avaliação de seu conhecimento que, segundo Flavell, Miller e Miller (1999), pode ser de três tipos: universal, intraindividual e interindividual. Quanto ao primeira, envolve os conhecimentos que os indivíduos apresentam sobre como é ou como julgam ser a sua mente. Por exemplo, reconhecer que as pessoas podem se

lembrar de um fato num primeiro momento, mas também um tempo depois, no futuro. Essa característica, de acordo com os autores, aplica-se a todos os indivíduos; por isso é reconhecida como universal. Já o segundo representa as crenças e mitos que as pessoas têm sobre si mesmas, tais como anotar tudo o que o professor diz ou manusear o equipamento para assimilar melhor uma explicação em uma aula prática, entre outros. Por sua vez, o terceiro se refere às comparações entre os sujeitos, como por exemplo: “eu não sou bom em Física”, “ele entende melhor que eu a explicação do professor”. No processo de ensino e de aprendizagem este elemento manifesta-se na identificação pelo estudante de características pessoais podendo estabelecê-las em comparação com o outro.

No que diz respeito a perguntas metacognitivas que podem ser relacionadas ao elemento **pessoa**, podem-se citar questionamentos que remetem ao conhecimento pessoal do sujeito sobre um determinado tema. São exemplos desse tipo perguntas: Consegue identificar este assunto com outro já estudado? Compreendeu a atividade? Entendeu o enunciado? Apresenta conhecimento sobre o assunto? Encontra-se em condições de realizar a atividade? Apresenta limitações neste tema? Consegue buscar alternativas para sanar possíveis deficiências neste conhecimento? (ROSA, 2014). Esse elemento pode ser identificado com base em manifestações que o indivíduo é capaz de desenvolver durante a realização de uma atividade, como: estar motivado, fazer inferências sobre os conhecimentos em estudo e o modo de realizar tal atividade, participar da formulação de hipóteses, retomando seus conhecimentos e confrontando-os com as colocações de seus colegas, entre outros (ROSA, 2014).

Já o elemento **tarefa**, de acordo com Rosa (2014), representa a abrangência, a extensão e as exigências envolvidas na sua realização. É a identificação das características da tarefa por parte do indivíduo, que aponta o que se refere a essa tarefa e o que ela envolve. Segundo Flavell e Wellman (1979), há tarefas mais fáceis de serem lembradas que outras; estas são tidas como difíceis por demandarem mais tempo e elementos. Se alguma envolver algo muito complexo, o sujeito pode se sentir desmotivado para executá-la. De acordo com Rosa (2014), quando associada aos processos de ensino e de aprendizagem, é importante que o professor reconheça esse elemento e não proponha tarefas distantes da capacidade de seus alunos, pois estes podem se sentir incapazes de realizá-la.

Como questionamentos metacognitivos, Rosa (2014) faz algumas sugestões: Entendeu a tarefa? Que tipo de tarefa é esta? Você a identifica com outra já realizada?

Julga ter facilidade ou dificuldade de realizar tarefas como a proposta? Está de acordo com seus conhecimentos? Identifica o que é preciso para resolvê-la? Quanto às ações do sujeito, elas estão relacionadas a características pessoais, como por exemplo, fazer comparações entre ações envolvidas na atividade e outras já realizadas.

No elemento **estratégia**, o sujeito questiona o que precisa ser feito, reflete e decide quais são os passos a serem seguidos para atingir o objetivo. Para Flavell, Miller e Miller (1999), é o momento em que o aluno identifica quais são as melhores e mais adequadas estratégias para chegar aos resultados cognitivos. Ou seja, reconhece e traça o caminho de acordo com sua percepção pessoal para aprender, bem como descobrir o motivo que o levou a fazer a escolha por este ou aquele percurso. Nos processos de ensino e de aprendizagem, o referido elemento representa o reconhecimento, por parte do estudante, dos caminhos a seguir para aprender, bem como o que o levou a escolher um deles. Por exemplo, ele infere que, para resolver um problema de Física, precisa percorrer uma via, e que esta não serve para outro embora seja semelhante. Entender a necessidade de adotar diferentes estratégias para a resolução de problemas, remete-o a pensamentos metacognitivos, mas, segundo Rosa (2014, p. 28), é preciso ter cuidado, pois,

[...] nem sempre a identificação de uma estratégia resulta de um pensamento metacognitivo, pois pode estar relacionada apenas aos caminhos a serem executados, sem a identificação das razões que os levaram a escolher tais caminhos, ou seja, pode resultar, por exemplo, de um processo mecânico, no qual se sabe que é assim, mas em se saber o porquê.

A estratégia aqui mencionada não se refere a apenas apontar caminhos ou traçar passos, mas principalmente de saber o motivo pelo qual eles foram escolhidos. Perguntas metacognitivas relacionadas ao elemento estratégia, segundo Rosa (2014), são: Conhece estratégias para resolver este tipo de problema? Tem facilidade com esse tipo de estratégia? Qual a mais indicada? Há outra possibilidade de realização da tarefa? Dispõe do que precisa para executar a tarefa? E como ações, aponta a discussão e a avaliação da estratégia com os colegas.

Conforme Flavell (1979), os elementos pessoa, tarefa e estratégia não são independentes, e o pensamento metacognitivo é o resultado da integração entre elas, ou seja, juntas compõem o conhecimento do conhecimento que o sujeito precisa ter para desenvolver suas atividades da forma mais eficaz. Por exemplo, um indivíduo pode utilizar mais a estratégia A do que a B caso aquela seja mais adequada para ele naquele momento; já em outro, pode ser a segunda; a escolha depende da situação

em que o sujeito se encontra. O reconhecimento, por parte do aluno, de utilizar uma estratégia tem reflexo na tomada de consciência sobre seus conhecimentos, remetendo-o ao pensamento metacognitivo. Porém, nem sempre a identificação de uma estratégia resulta de um pensamento metacognitivo, pois ela pode estar relacionada apenas aos caminhos escolhidos sem estar considerando o porquê dessa decisão que, nesse caso, é mecânica. A estratégia a que Flavell (1979) se refere é consciente, em que o aluno define o caminho a seguir e justifica.

Estes três elementos - pessoa, tarefa e estratégia - são entendidas como um dos processos metacognitivos apontados por Flavell (1979) e explicados por Rosa (2014). Flavell (1979), no artigo “Metacognition e cognitive monitoring: a new area of cognitive – developmental inquiry”, propõe, de forma mais geral, que a regulação do pensamento metacognitivo ocorra pela ação e interação de quatro aspectos: i) conhecimento metacognitivo; ii) experiências metacognitivas; iii) objetivos cognitivos (ou tarefas); iv) ações cognitivas (ou estratégias). Logo, para que o aluno ative seu pensamento metacognitivo, esses quatro aspectos devem estar conectados, fornecendo os substratos necessários a essa ativação. Flavell (1979, p. 906-907, tradução minha) acrescenta:

O conhecimento metacognitivo é aquele segmento de seus conhecimentos de mundo armazenados (quando criança ou adulto), que tem feito as pessoas serem criaturas cognitivas, com suas diversas tarefas, objetivos, ações e experiências. [...]. As experiências metacognitivas são quaisquer experiências conscientes cognitivas ou afetivas, que acompanham e pertencem a toda empreitada intelectual. [...]. Objetivos (ou tarefas) referem-se aos objetivos do empreendimento cognitivo. As ações (ou estratégias) se referem às cognições ou a outros comportamentos empregados para consegui-las.

Para Flavell (1979), o conhecimento metacognitivo é o conhecimento que o sujeito tem sobre si próprio no que se refere aos três elementos - pessoa, tarefa e estratégia - e também à maneira como elas interferem no resultado da cognição. Está relacionado à consciência metacognitiva no que tange à pessoa e seus recursos cognitivos, às tarefas cognitivas e seus elementos e às estratégias para a realização das tarefas cognitivas. Como exemplo desse conhecimento metacognitivo, pode-se citar a expressão: “Sou melhor em Física do que ele em História”.

Quanto às experiências metacognitivas, de acordo com Flavell (1979), citado por Rosa (2014), são as percepções conscientes que ocorrem antes, durante ou após a realização da tarefa ao longo do processo, como por exemplo, retornar no momento em que se percebe não estar entendendo o que se lê (reler, repensar, reavaliar). As

experiências metacognitivas são conscientes, cognitivas e afetivas e podem ser breves ou longas, simples ou complexas, em termos de conteúdos, bem como servir para uma variedade de funções úteis nas iniciativas cognitivas.

No que concerne aos objetivos metacognitivos, segundo Flavell (1979), podem ser explícitos ou implícitos e ativam as estruturas metacognitivas. São impostos pelo professor ou selecionados pelo próprio aluno; por exemplo, em atividades experimentais, o docente os define, e são eles que estimulam a estrutura cognitiva do estudante para que este execute a atividade.

Por sua vez, as ações metacognitivas são utilizadas para potencializar o processo metacognitivo. Referem-se ao desenvolvimento da atividade, que pode tensionar a reprodução de experiências metacognitivas e resultados cognitivos quando elabora ações e avalia o procedimento em termos do resultado obtido, ou quando visa apenas atingir um objetivo cognitivo. Neste caso, planeja as ações e avalia somente o resultado sem se preocupar com o processo. Atividades de planejamento, supervisão ou regulação e avaliação fazem parte desse modelo de monitoramento cognitivo. Para Rosa (2014, p. 34),

[...] os objetivos cognitivos e as ações ativam o conhecimento e as experiências metacognitivas, constituindo o pensamento metacognitivo, que, quando presente, tende a possibilitar ao aluno lograr êxito em sua tarefa. Nessa interpretação, fica claro que Flavell mescla cognição e metacognição em sua definição, demonstrando que estão intimamente relacionadas.

Também cabe salientar que, para Flavell (1987), cognição e metacognição são termos indissociáveis, pois a primeira envolve a segunda. O modo como um aluno resolve um exercício e quão significativa é a sua aprendizagem em relação a essa ação estão associados à forma como os mecanismos metacognitivos são ativados (ROSA, 2014). Se forem ações que incluem conteúdo específico de uma área, o discente precisa ter um contato prévio; caso contrário, estará limitado e não será possível acessar o pensamento metacognitivo. Ou seja, ele só o acessa quando lhe for apresentado algo “novo” e se conseguir associá-lo a alguma coisa que já conhece ou que tenha alguma conexão com o que lhe é familiar. Por exemplo, ao utilizar um simulador sobre atrito, o estudante precisa primeiro ter conhecimento de forças.

Em 1978, estudos da psicóloga Ann Brown trouxeram contribuições para o termo metacognição. Suas ideias convergem com as de Flavell (1976); porém, avançam no que se refere ao controle executivo da tarefa. Para Brown (1978), a metacognição representa um mecanismo autorregulatório constituído de operações vinculadas aos mecanismos de ação do sujeito e não simplesmente de monitoramento

do próprio conhecimento como defendido por Flavell. A psicóloga também afirma que, somente quando o sujeito tem controle sobre as tarefas cognitivas, é que poderá escolher as estratégias mais adequadas. No entendimento da autora, “não basta que o aluno tome consciência de seus conhecimentos; é preciso que ele os operacionalize, pois somente assim saberá se sabe o que julga saber” (ROSA, 2014, p. 37).

Brown (1978) apresenta três aspectos relativos ao mecanismo de controle executivo e autorregulador, que são as operações de planificação, monitoração e avaliação. A **planificação**, de acordo com a autora, é uma previsão do caminho a ser percorrido para se alcançar o objetivo pretendido. É o momento em que o aluno decide a forma de executar a tarefa e o uso dos materiais necessários de acordo com os conhecimentos já identificados em sua estrutura cognitiva e com o objetivo que pretende atingir. Em temas de aprendizagem, esta etapa é identificada como a organização do material para realizar a tarefa, uma atividade experimental, por exemplo:

É o momento que o aluno decide sobre a forma de executar a tarefa, os meios e materiais necessários para tal, tudo de acordo com os conhecimentos já identificados em sua estrutura cognitiva e de acordo com o objetivo a ser atingido (ROSA, 2014, p. 38).

Como perguntas metacognitivas, a referida autora sugere as que remetem ao pensar e planejar a ação: Identifica por onde deve iniciar? Como resolver a tarefa proposta? Como organizar as informações apresentadas na atividade? Consegue visualizar o procedimento em relação ao fim almejado? No que se refere às ações dos sujeitos nesta etapa, elas estão relacionadas à organização do grupo e distribuição de tarefas, levando em consideração conhecimentos e características de cada um para o tipo de tarefa a ser realizada.

A estratégia do componente conhecimento do conhecimento é facilmente confundida com a planificação do componente controle executivo e autorregulador, mas se difere por estar vinculada ao conhecimento do sujeito sobre os seus conhecimentos enquanto a planificação se relaciona à ação do sujeito. Para a estratégia, as manifestações são relativas ao reconhecimento pessoal diante do caminho que deverá ser seguido para atingir o objetivo; ao estabelecimento das comparações entre ações já executadas em outras atividades e as necessárias a estas, incluindo a avaliação dos equipamentos e materiais disponíveis. Esse elemento permite ao aluno identificar, em suas estruturas de pensamento, o que sabe sobre a estratégia e qual o seu sentimento em relação a ela, bem como discernir se as

escolhas feitas por ele e seu grupo de trabalho estão de acordo com o disponível para tal (ROSA, 2011).

Por sua vez, a **monitoração** controla a ação e revisa os procedimentos, reorganizando as estratégias para se chegar ao objetivo almejado. Para Brown (1978), é o momento em que os alunos estão construindo novos conceitos, avaliando suas hipóteses, confirmando-as ou refutando-as, o que pode, inclusive, mudar o rumo das estratégias. Rosa (2014) destaca a importância de “monitorar-se ou revisar cada procedimento executado, reorganizando estratégias como forma de manter o rumo da ação”. Na aprendizagem, a monitoração “representa a revisão dos conhecimentos realizada pelos alunos no momento em que estão construindo os novos, de modo a poderem avaliar se estão ou não no caminho certo para atingir o objetivo da construção do conhecimento” (ROSA, 2014, p. 39). Como questionamento metacognitivo, a autora pergunta: Compreende bem o que está fazendo? Qual o sentido do que está fazendo? Qual o objetivo desta atividade? A estratégia que utiliza é adequada? Tem domínio do que está executando? Há necessidade de retomar algo? O planejamento está funcionando? Como procedeu até aqui? Por que está estudando este assunto? Por que está realizando a atividade proposta? Continuando desta forma, vai atingir os objetivos desta atividade?

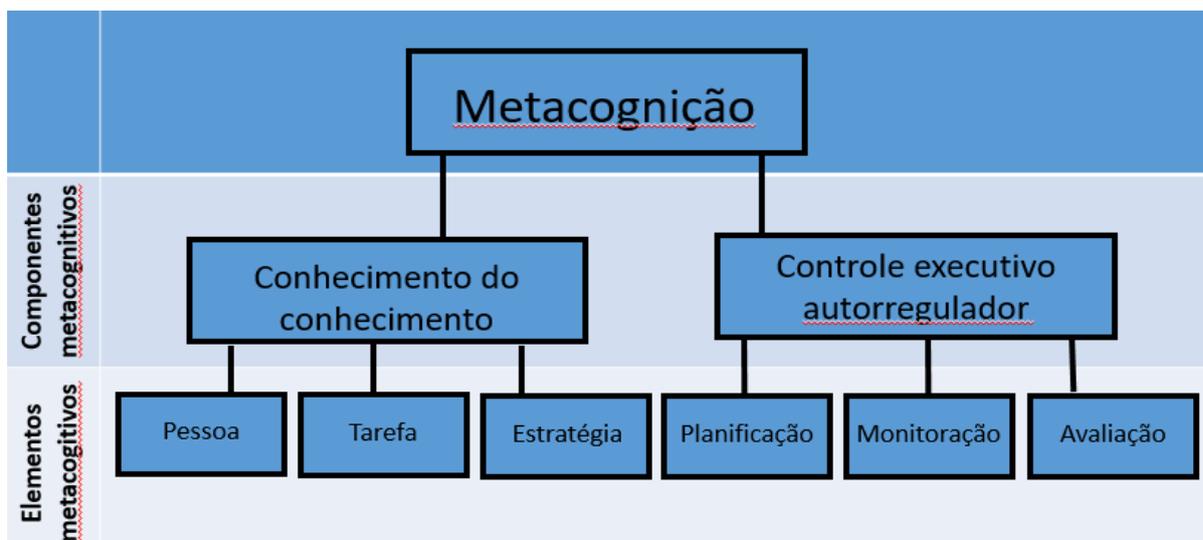
Na monitoração, é permitido ao aluno tomar a decisão de mudar a sua estratégia e planejar um novo caminho para atingir seu objetivo. Suas ações podem consistir em retomar com frequência o objetivo e o planejamento, verificando se há equívocos de conhecimentos ou mesmo desvios operacionais. Também existe a possibilidade de ele resgatar estratégias e controlar ativamente sua ação e os conhecimentos envolvidos, organizar dados coletados, tendo em mente o que precisará para os resultados finais da atividade.

Para Rosa (2014), a **avaliação** é o momento em que o aluno retoma e avalia como ocorreu o processo de aprendizagem, analisando as ações que foram tomadas e os avanços atingidos em cada etapa do processo para atingir o objetivo proposto. Essa etapa possibilita avaliar os resultados atingidos a partir dos objetivos propostos. “A avaliação representa o olhar crítico sobre o que se fez na forma de autocontrole” (ROSA, 2014, p. 40). Como exemplo, pode-se citar os alunos chegarem ao final da atividade e perceberem a coerência entre os resultados e o objetivo da atividade. Ou, ainda, identificarem falhas na execução da atividade ou na interpretação de determinado conhecimento. Perceber um equívoco ou um erro conceitual também são

exemplos deste elemento. Como perguntas metacognitivas, Rosa (2014), sugere: Consegue descrever o que e como realizou? Qual era o objetivo proposto inicialmente? Houve necessidade de rever algo durante a realização da atividade? Qual é o estado da atividade? Tem consciência do conhecimento adquirido com a realização da atividade? Os resultados encontrados foram os esperados?

Rosa (2014) sintetiza os elementos apresentados por Flavell – pessoa, tarefa, estratégia – e os três aspectos relativos ao mecanismo de controle executivo e autorregulador apresentados por Brown – planificação, monitoração, avaliação – em componentes metacognitivos e elementos metacognitivos. Além disso, subdivide a metacognição em dois momentos: conhecimento do conhecimento e controle executivo e autorregulador conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Componentes e elementos metacognitivos



Fonte: Rosa (2014, p. 44).

Portanto, Rosa (2011, p. 57), apoiada nos estudos de Flavell e Brown, entende que:

Metacognição é o conhecimento que o sujeito tem sobre seu conhecimento e a capacidade de regulação dada aos processos executivos, somada ao controle e à orquestração desses mecanismos. Nesse sentido, o conceito compreende duas componentes: o conhecimento do conhecimento e o controle executivo e autorregulador.

Os alunos, para Rosa (2011), são responsáveis pelo processo de transformação e adaptação de informações em que a aprendizagem é construída por meio de uma interação entre o conhecimento que o sujeito já possui na estrutura cognitiva e o novo (conhecimento). Mas isso só tem sentido se o discente quiser interagir, ou seja, depende de sua epistemologia pessoal. Nesse contexto, de acordo

com a autora, o pensamento metacognitivo atua como mecanismo proporcionador da reflexão sobre o que e como se sabe, indo além de uma aprendizagem de um conhecimento específico, apresentando-se como uma forma de vida, aprendendo a ouvir, tolerar, aceitar, compartilhar, entre outros. Segundo Rosa e Meneses Villagrà (2018b, p. 585), pode-se entender a metacognição como “[...] o entendimento de como os sujeitos elaboram e identificam seus conhecimentos sobre seu próprio processo cognitivo, ou seja, sobre como percebem que aprendem e recordam as informações”.

A visão apresentada nesta seção sobre metacognição orientou as ações efetivadas para o desenvolvimento desta pesquisa. Embora seja possível encontrar na literatura diferentes perspectivas do termo, quando se refere aos processos que envolvem a metacognição na educação é consenso de que suas ações levam à reflexão e à identificação dos mecanismos que favorecem a aprendizagem. Assim, no âmbito do contexto escolar, a metacognição, aliada às estratégias de aprendizagem, é considerada essencial. Rosa, Darroz e Rosa (2014, p. 18) afirmam que

[...] é preciso entender que a metacognição exerce função essencial na aprendizagem, oferecendo aos alunos diferentes possibilidades de aprendizagem e um autoconhecimento de suas características, seja na aprendizagem individualizada, seja no momento de compartilhar ações com os outros. Nesse espaço, os alunos precisam ser estimulados a desenvolver competências cognitivas e a compreender os objetivos das atividades, fazendo um plano da sua execução.

Nesse sentido, é essencial que o aluno reconheça suas potencialidades para a escolha da estratégia. O professor deve proporcionar momentos para que ele (o aluno) evidencie seu pensamento, seu modo de organizar ideias e o motive a expor sua opinião diante dos colegas, atitudes que podem promover a sua autonomia. Uma forma de estimulá-la é por meio de diferentes estratégias de ensino que, além disso, segundo Berbel (2011, p. 28), têm potencial para despertar a curiosidade:

[...] à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor. Quando acatadas e analisadas as contribuições dos alunos, valorizando-as, são estimulados os sentimentos de engajamento, percepção de competência e de pertencimento, além da persistência nos estudos, entre outras.

O fato é de que, em uma sala de aula, há pessoas diferentes que aprendem das mais variadas formas e estilos:

Enquanto uns aprendem mais ouvindo, outros aprendem mais debatendo, dialogando, outros ainda realizando atividades individuais ou coletivas durante o tempo de aula. Uma única maneira de dar aulas favorecerá sempre os mesmos e prejudicará sempre os mesmos (MASETTO, 2003, p. 88).

Logo, cabe ao professor decidir quais são as melhores estratégias de ensino e explicitar ao aluno o que pretende e quais são seus objetivos. De acordo com Rosa

(2014), no processo de ensino, para que os estudantes ativem suas estruturas mentais, o professor deve estruturar as atividades e organizá-las didaticamente de tal forma que favoreçam esse processo. Monereo e Castelló (1997) destacam três aspectos que precisam estar presentes na ação docente: o primeiro é o da planificação e regulação das ações por parte do professor, que deve escolher procedimentos adequados aos seus discentes e de acordo com o contexto. O segundo é o da identificação, em que cabe ao professor, em seu planejamento, selecionar os conteúdos mais significativos e as possíveis dificuldades de aprendizagens que poderão emergir e pensar em estratégias alternativas para saná-las. O terceiro é que o professor entenda que ele serve de exemplo ao seu aluno, seja pela motivação, pela habilidade de comunicação ou confiança, entre outros. Os autores elencam sete princípios que ele deveria respeitar no processo de ensino:

- a) Explicitar com clareza aos alunos a estratégia que pretende utilizar.
- b) Mostrar-lhes que a estratégia se aplica a aprendizagens de diferentes conhecimentos.
- c) Insistir que utilizem as estratégias com frequência.
- d) Transferir a responsabilidade para os alunos sobre a sua aprendizagem.
- e) Iniciar por exercícios mais simples e, gradativamente, aumentar o grau de complexidade.
- f) Criar espaços para que os alunos apresentem e discutam as estratégias.
- g) Avaliar explicitamente o esforço dos alunos quando planificam e regulam suas ações (MONEREO; CASTELLÓ, 1997).

Esses princípios devem estar em sintonia com a disciplina para que se evolua a uma aprendizagem mais autônoma e a um ensino que promova as estratégias metacognitivas. Rosa e Biazus (2020) concordam neste sentido, salientando que, para os alunos terem um pensamento metacognitivo, este deve ser trabalhado e desenvolvido com eles. Ademais, a escola pode lhes proporcionar essa aprendizagem, pois não se aprende a ler, interpretar ou resolver problemas sem orientação. Para tal, apontam que os professores precisam ser estratégicos, ou seja, conhecer e usar estratégias de aprendizagem na construção das ações didáticas. Monereo e Clariana (1993) acreditam que o docente deve ser um profissional que apresenta competências reguladoras que tornam possíveis o planejamento, o monitoramento e a avaliação dos seus processos cognitivos quando aprende e ensina.

Além das estratégias de ensino, há as de aprendizagem, que vêm sendo definidas como sequência de procedimentos ou atividades que se escolhem com o propósito de facilitar a aquisição, o armazenamento e/ou a utilização da informação. Em nível mais específico, as estratégias de aprendizagem podem ser consideradas como qualquer procedimento adotado para a realização de uma determinada tarefa (DA SILVA; SÁ, 1997). A definição por estratégias de aprendizagem não é consenso entre os pesquisadores, por isso buscou-se uma mais geral baseada em Figueira (2006, p. 7):

[...] comportamentos e pensamentos que o sujeito pode utilizar no decurso da aprendizagem e que influenciam a forma como processa a informação, através da ativação, controle e regulação dos processos cognitivos [...] são ações e meios a que o sujeito recorre e que auxiliam e influenciam a aquisição, a retenção e a utilização de conhecimentos, isto é, a aprendizagem.

Já para Rosa e Ghiggi (2017), as estratégias de aprendizagem metacognitivas são responsáveis por auxiliar os alunos no planejamento, na monitoração e na regulação do próprio pensamento, permitindo que eles realizem as tarefas com maior êxito, pois estão identificando seus conhecimentos e controlando suas ações. Por sua vez, Monereo (2001) enfatiza que a utilização de estratégias metacognitivas promovem a tomada de consciência sobre como acontece a construção do conhecimento e favorece a autonomia do estudante, proporcionando um desenvolvimento mais amplo para a construção do conhecimento, além de reconhecer potencialidades, dificuldades e refletir sobre o modo como aprende.

Não há consenso, por parte dos autores, sobre os limites entre o que é integrante dos aspectos que caracterizam as estratégias cognitivas das das metacognitivas (FLAVELL, 1979, 1987; FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999).

De maneira resumida, Flavell, Miller e Miller (1999, p. 129) escreveram:

A principal função de uma estratégia cognitiva é lhe ajudar a alcançar o objetivo de qualquer iniciativa cognitiva em que você esteja envolvido. Em contraste, a principal função de uma estratégia metacognitiva é lhe oferecer informações sobre a iniciativa ou seu progresso nela. Podemos dizer que as estratégias cognitivas são evocadas para *fazer* o progresso cognitivo, e as estratégias metacognitivas para *monitorá-lo*.

No ensino de Física, Rosa (2014) exemplifica a presença dessas duas estratégias de aprendizagem no desenvolvimento das atividades experimentais. Para a autora, são estratégias cognitivas quando os alunos sentem a necessidade de esquematizar os dados do experimento na forma de uma tabela ou gráfico ou quando destacam palavras ou grandezas na leitura do roteiro. Já as estratégias são

metacognitivas quando eles retomam atividades experimentais anteriores, identificando as diferenças em relação à proposta, características pessoais diante da atividade sugerida, ou até mesmo buscam alternativas para possíveis limitações, isto é, “quando planejam, monitoram e avaliam suas ações de modo a discutir o caminho percorrido” (ROSA, 2011, p. 85).

Campanario e Otero (2000) apontam as estratégias de aprendizagem metacognitivas como ferramentas que podem auxiliar na identificação de falhas de compreensão dos alunos no ensino de Ciências (Física). Ainda segundo os autores, essas estratégias podem levar o estudante a descobrir o motivo pelo qual ele não está entendendo, instigando-o a buscar outras alternativas de entendimento. Os citados pesquisadores acrescentam que as estratégias metacognitivas também podem ser utilizadas pelos professores como uma forma de detectar falhas de compreensão dos alunos no entendimento do conteúdo. Para eles, também há a chance de as dificuldades de aprendizagem, às vezes, estarem associadas a concepções errôneas e, por meio da metacognição, o diagnóstico se tornar eficaz, pois ela atua na tomada de consciência, o que favorece seu reconhecimento.

Mas o pensamento metacognitivo não é construído apenas pelas estratégias; outro fator que interfere, segundo Rosa (2014), é a idade dos alunos. Flavell, Miller e Miller (1999, p. 130) enfatizam que “à medida que as crianças se desenvolvem, elas gradualmente aprendem mais e mais sobre como é o jogo do pensamento e como ele deve ser jogado”. Nessa perspectiva, os autores afirmam que as capacidades metacognitivas crescem consideravelmente na fase da adolescência. Para Brown (1978), há um expressivo aumento do controle das estratégias e dos processos cognitivos dos estudantes com o passar do tempo, pois, cada vez mais, acabam adquirindo novas aprendizagens, o que lhes permite dominar certas tarefas e conferir experiências significativas da metacognição.

Autores, como Brown (1978) e Flavell, Miller e Miller (1999), afirmam que a capacidade de automonitoramento, controle e seleção das estratégias metacognitivas também aumentam à medida que o tempo transcorre. Com o desenvolvimento de determinadas aprendizagens na escola, o sujeito domina melhor certas tarefas, o que lhe confere experiências metacognitivas, sendo que esse fato lhe proporciona maior consciência e conhecimento de suas dificuldades e escolhas dos caminhos de superação, melhorando seu pensamento metacognitivo.

Estudos realizados por Chi, Glaser e Rees (1982), Chi, et al. (1989), entre outros, apontam não apenas o favorecimento do pensamento metacognitivo, mas a sua explicitação, principalmente nas disciplinas que os alunos apresentam dificuldades. Para Rosa (2011, p.87), essa forma de pensamento é reconhecida como uma estratégia de aprendizagem, pois:

[...] a utilização do pensamento metacognitivo significa fornecer instrumentos que permitam ao aluno a seleção do conhecimento necessário para sua aprendizagem. Esse pensamento pode atuar, ainda, como um agente transformador, que promova a reestruturação dos conhecimentos decorrentes das crenças epistemológicas, tidas como obstáculo para aprendizagem em Ciências.

O uso de processos metacognitivos para auxiliar na aprendizagem de áreas como a Física já foi mencionado, em estudos de (CHI, 1982, HENNESSEY, 2003; MALONE, 2008; TAASOBSHIRAZI; FARLEY, 2013; RYANET et al., 2016), como algo diferencial entre aqueles que apresentam facilidade na apropriação dos conteúdos (experts) e os que expressam dificuldades na aprendizagem (novatos). Rosa (2014), baseando-se em Chi, Glaser e Rees (1982), classifica os alunos em experts ou novatos. Os primeiros acessam de forma intencional ou não o pensamento cognitivo, o que lhes permite, por exemplo, resolver os problemas da Física de maneira mais profunda; associam conceitos fundamentais que estão envolvidos e os relacionam a conhecimentos que o sujeito já possui sobre o tema envolvido. Enquanto isso, os outros (novatos) resolvem o problema de forma superficial e apenas como um procedimento, não ativando o pensamento metacognitivo. Geralmente, apresentam dificuldades na área da Física (ROSA, 2011).

Alunos que compreendem melhor a estrutura de conceitos envolvidos na Física, que resolvem de forma mais eficiente os problemas e, portanto, apresentam melhores rendimentos acadêmicos, recorrem ao pensamento de natureza metacognitiva (ROSA; BIAZUS, 2020). Taasobshirazi e Farley (2013) destacam que os estudantes que utilizam estratégias orientadas pela metacognição e resolução de problemas têm um conhecimento maior e mais organizado e são denominados experts em Física. Os autores ainda comentam que, o que diferencia os experts dos novatos são algumas variáveis, como por exemplo, a maneira como os problemas de Física são resolvidos, incluindo aspectos, como: as estratégias reais de resolução de problemas usadas; a forma como os problemas são classificados, distinguindo os mais simples dos mais complexos; a amplitude e organização do conhecimento

conceitual; o uso do pensamento metacognitivo e o do diagrama de corpo livre como parte da resolução dos problemas (ROSA; BIAZUS, 2020).

Nesse sentido, estudos de Rosa (2011) mostram que, mesmo sem perceber, parte dos alunos recorre a estratégias metacognitivas para a resolução de problemas ou realização de tarefas, enquanto outra necessita ser orientada para acessar essa forma de pensamento. De acordo com a autora, estudantes que utilizam o pensamento metacognitivo se destacam dos demais e alcançam com êxito os resultados, pois dedicam mais tempo à identificação do problema, seleção da estratégia e de sua planificação quando comparados aos novatos, ou seja, são capazes de selecionar as melhores estratégias, monitorar e avaliar suas escolhas, controlando melhor seu processo de aprendizagem (ROSA, 2014).

Nesse cenário, Rosa (2011, p. 133) reitera que o papel do professor “passa a ser de criar situações e de estabelecer estratégias que facilitem a evocação desse pensamento”. Nessa perspectiva, ele é um mediador, um facilitador, alguém que favorece as condições para que a aprendizagem ocorra. E o aluno, por sua vez, é o agente ativo, o ator principal do processo, aquele que coloca “em movimento todo seu mecanismo interno e empenhando-se na busca dos meios que lhe são favoráveis à aprendizagem” (ROSA 2011, p. 133). A presença desse tipo de pensamento proporciona a autonomia dos alunos, contribuindo para que sejam independentes na busca do conhecimento e aprendam a aprender. Nesse processo, em que o estudante passa a ser o protagonista, de acordo com Mota e Rosa (2018), o foco está em oportunizar a ativação de mecanismos cognitivos potencializadores da aprendizagem que possam contribuir para a autonomia intelectual, a formação de um pensamento crítico e a capacidade de continuar aprendendo.

Com base nesse referencial teórico, na sequência apresentam-se escritos que versam sobre os temas discutidos nesta Tese. São artigos, Teses e Dissertações publicados em bancos de dados nacionais e internacionais.

2.3 Estado do conhecimento

Nesta seção, é apresentado o estado do conhecimento no que se refere aos temas de estudo desta Tese. O que se define como “estado do conhecimento” é um recorte que se mostra válido por mapear e discutir certa produção acadêmica visando abordar “apenas um setor das publicações sobre o tema estudado” (ROMANOWSKI;

ENS, 2006, p. 40). Portanto, as informações aqui expostas são o fruto de pesquisas realizadas em três bancos de dados: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Portal de Periódicos da Capes e base de dados *Education Resources Information Center* (ERIC). Além disso, realizaram-se buscas em dois periódicos internacionais a *Metacognition and Learning* e *Journal of Research in Science Teaching*. O objetivo deste levantamento de dados foi identificar trabalhos na área de Física que envolvessem atividades experimentais, recursos tecnológicos e a metacognição no Ensino Superior.

A escolha pelo banco de dados BDTD ocorreu com o intuito de verificar se havia teses ou dissertações que versassem sobre esses temas. Já a procura no Portal do Periódico da Capes se deveu pela presença de artigos de qualidade em publicação. Por sua vez, a busca na base de dados ERIC se justifica por ser considerada uma das mais completas e a mais antiga com viés para o campo da investigação em educação. Quanto aos periódicos, o *Metacognition and Learning* foi explorado pelo fato de ser apontado como o mais especializado pelos pesquisadores de metacognição sobre processos metacognitivos. Por fim, a pesquisa no *Journal of Research in Science Teaching* se explica pelo seu fator de impacto e por apresentar artigos sobre os temas que foram analisados nesta Tese.

As expressões e palavras digitadas para a pesquisa foram: metacognição, atividades experimentais, atividades computacionais, recursos tecnológicos, ensino de Física e ensino superior, nas Línguas Portuguesa, Espanhola e Inglesa, na delimitação temporal de 2008 a junho de 2020. A seleção dos trabalhos ocorreu por meio da leitura do título e do resumo, pois estes, geralmente, traduzem a essência do texto.

No banco de dados BDTD, uma pesquisa inicial apontou 427 trabalhos entre teses e dissertações que envolviam pelo menos duas das expressões digitadas: “metacognição; atividades experimentais”. Desse total, foram selecionados 17 com base na análise do título. Posteriormente, pela leitura do resumo e do texto completo, restaram nove, que estão expostos no Quadro 1.

Quadro 1 - Trabalhos selecionados do BDTD

Classificação	Título	Autor(a)	Tese ou Dissertação	Ano de Publicação	Público-alvo
---------------	--------	----------	---------------------	-------------------	--------------

A ₁	Integração entre atividades computacionais e experimentais como recursos instrucionais no ensino de eletromagnetismo em Física Geral	Pedro Fernando Teixeira Dorneles	Dissertação	2010	Graduandos e licenciandos em Física
A ₂	A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física	Cleci Teresinha Werner Rosa	Tese	2011	Ensino Médio
A ₃	A inserção de novas tecnologias em conjunto com atividades experimentais no ensino de física	Gláucio Carlos Libardoni	Dissertação	2012	Ensino Médio
A ₄	Utilização de experimentos de baixo custo e de simulações computacionais no ensino de física em escolas públicas	Adriano Mamedes Silva Nascimento	Dissertação	2014	Professores de física
A ₅	Uma proposta para a introdução ao uso de tecnologias no ensino de física experimental dirigida a licenciandos de física	Leandro Paludo	Dissertação	2014	Licenciandos em física
A ₆	O ensino de eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética	José Jorge Vale Rodrigues	Dissertação	2016	Ensino Médio
A ₇	Ensino de física moderna e contemporânea baseado em atividades de laboratório mediadas pela utilização de um software de videoanálise e modelagem	Marcus Vinicius Peres	Dissertação	2016	Ensino Médio
A ₈	Uma proposta para motivar o aluno a aprender mecânica no ensino médio: abordagem com tecnologias de informação e comunicação	Glauco Salomão Ferreira Ribas	Dissertação	2017	Ensino Médio
A ₉	Percepções e reflexões de alunos de ensino médio no processo metacognitivo da aprendizagem em física	Nancy Nazareth Gatzke Corrêa	Dissertação	2017	Ensino Médio

Fonte: da autora (2020).

Dos trabalhos selecionados e apresentados no Quadro 1, apenas dois, uma dissertação (CORRÊA, 2017) e uma tese (ROSA, 2011), versam sobre metacognição no ensino de Física. Ambos têm como público alunos do Ensino Médio. A primeira tem como tema percepções e reflexões dos alunos para além das (percepções) epistêmicas, tentando captar o sentir e o valorar no processo metacognitivo da aprendizagem em Física. Sua questão de pesquisa é: Quais percepções e reflexões

metacognitivas podem ser evidenciadas na aprendizagem de Física, pelos alunos de Ensino Médio, e como isso poderia ser analisado por meio das relações com o saber? Por meio de entrevistas narrativas, reflexivas e coletivas, foram entrevistadas seis turmas de estudantes do Ensino Médio para que narrassem como percebiam sua aprendizagem em um conteúdo de Física. Esse questionamento foi realizado em diferentes momentos da pesquisa, que finalizou com nove participantes. Como resultados, a autora afirma que o saber, o sentir e o valorar estão ligados ao processo de autorregulação que envolve o planejamento das ações voltadas à aprendizagem, seu monitoramento e avaliação, que é realimentado pelas emoções e reflexões que emergem do contato com o outro e com o mundo.

No que lhe toca, a tese de Rosa (2011) investiga a possibilidade de inserir momentos explícitos de evocação do pensamento metacognitivo durante a realização de atividades experimentais a fim de qualificar a aprendizagem. Tem como principal objetivo estudar a viabilidade de uma proposta didático-metodológica para as atividades experimentais em Física, que explicitem momentos de evocação do pensamento metacognitivo. Tais atividades foram desenvolvidas e aplicadas em quatro turmas do Ensino Médio. Como resultados, Rosa destaca que a evocação do pensamento metacognitivo aconteceu no modelo experimental aplicado e que isso representa uma alternativa para potencializar as atividades experimentais mais significativas no ensino de Física.

Em efeito, os mencionados trabalhos (ROSA, 2011; CORRÊA, 2017) evidenciam que a metacognição pode ser um meio para auxiliar o aluno na aprendizagem em Física. Na dissertação, o olhar está focado na aprendizagem em Física, sem detalhar um conteúdo ou estratégia; já na tese, a metacognição está fortemente associada às atividades experimentais. Os dois trabalhos identificam outros olhares para a metacognição no ensino de Física; em especial o primeiro, cuja inspiração foi investigar o uso de atividades experimentais e também atender a um chamado proposto que era examinar a metacognição em nível superior.

Quanto aos trabalhos que aproximam atividades experimentais com recursos tecnológicos, selecionaram-se sete dissertações. Destas, quatro envolveram alunos do Ensino Médio (LIBARDONI, 2012; RODRIGUES, 2016, PERES, 2016; RIBAS, 2017); duas, estudantes de Licenciatura em Física (DORNELES, 2010; PALUDO, 2014); uma, professores de Educação Básica (NASCIMENTO, 2014). As publicações

ocorreram entre 2010 e 2017. Em todos eles, há um movimento de aproximação das atividades experimentais com o uso de tecnologias em sala de aula.

Libardoni (2012), em sua dissertação, utilizou diferentes *softwares* e filmagens para facilitar a interpretação de dados e a construção de gráficos a partir de informações coletadas em atividades experimentais. Por sua vez, Paludo (2014) procurou investigar como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos alunos nas aulas de indução eletromagnética. Para as atividades computacionais, o autor fez uso dos simuladores do PHET.

No trabalho de Dorneles (2010), levam-se em conta as diferentes maneiras de integrar a experimentação aos recursos tecnológicos, apontando que a eficácia destes não depende apenas de suas características inerentes, mas especialmente das estratégias didáticas adotadas. O autor avaliou o desempenho de alunos que trabalhavam com atividades de simulação e modelagem computacional sobre circuitos elétricos, utilizando o *software Modellus*, apresentando resultados estatisticamente significativos no desempenho dos participantes do grupo experimental quando comparados aos do grupo de controle (método tradicional de ensino). Por sua vez, Paludo investigou formas de integração entre atividades computacionais e experimentais de modo a torná-las complementares com a finalidade de auxiliar os discentes a atingirem uma aprendizagem significativa dos conceitos de Física e compreenderem melhor os modelos científicos. Os resultados mostram que essa integração pode promover a interatividade e o engajamento dos estudantes em seu próprio aprendizado, transformando o espaço da sala de aula em um ambiente propício à aprendizagem, além de terem uma visão epistemológica mais adequada sobre a natureza da ciência.

No trabalho de Nascimento (2014), as atividades computacionais com a planilha eletrônica *Calc* e os *softwares Tracker* e *Modellus* foram inseridas na sala de aula como forma de motivar os alunos a aprenderem a disciplina de Física pela inclusão de diversos recursos presentes no seu contexto social e aproximar as teorias científicas da realidade observada por eles à luz dos modelos científicos segundo Bunge (1974). O autor utilizou montagens experimentais com materiais de baixo custo (protótipos) e simulações de computador (PhET) para auxiliar os alunos na compreensão de conceitos de Física. Já Peres (2016) usou o experimento de *Millikan* e o *software Tracker* para produzir e disponibilizar materiais colaborativos em formato

de vídeos e tutoriais para quem tivesse interesse em usufruí-los. Como análise geral, constata-se que as pesquisas (LIBARDONI, 2012; RODRIGUES, 2016; RIBAS, 2017; NASCIMENTO, 2014) tentam aproximar as atividades experimentais com o uso de tecnologias por seus autores acreditarem que essa estratégia oferece potencial para qualificar os processos de ensino e aprendizagem em relação aos conceitos que envolvem a Física.

Já o trabalho de Paludo (2014) difere dos anteriores, pois os sujeitos eram alunos de um Curso de Licenciatura em Física de uma disciplina experimental. A ideia foi diversificar estratégias e metodologias por meio da inserção de diferentes recursos didáticos; entre eles, o uso de tecnologias em sala de aula. Ademais, discutiram-se as possibilidades e cuidados ao se introduzir o uso de simulações, animações e modelagem computacional em ambientes escolares.

No Portal de Periódicos da Capes, utilizou-se a mesma combinação dos citados anteriormente: a adoção de, no mínimo, duas expressões, em três Línguas: Portuguesa, Espanhol e Inglesa. Como efetivado nas buscas do portal BDTD, foram encontrados 193 artigos. Novamente, realizou-se a primeira triagem pela leitura do título, verificando se nela havia ou não as palavras de interesse: metacognição, atividades experimentais, atividades computacionais, recursos tecnológicos, ensino de Física e ensino superior. Dos selecionados, restaram 24 artigos, dos quais, após uma leitura na íntegra, foram escolhidos 10 por estarem mais alinhados com a pesquisa; além disso, o critério adotado foi que o filtro metacognição deveria aparecer sempre acompanhando as demais expressões, como por exemplo: “metacognição; atividades experimentais”, ou “metacognição; recursos tecnológicos” e assim para as outras, visto que a metacognição é a ideia central deste trabalho. Os escolhidos estão expostos no Quadro 2.

Quadro 2- Artigos selecionados do Portal de Periódico da Capes

Classificação	Título	Autores	Revista	Ano de Publicação	Público-alvo
B ₁	Um exemplo prático de atividades metacognitivas aplicadas na formação de professores de física com base na pesquisa didática	Suzana Maria Coelho, Cristiane Rodrigues de Rodrigues, Eduardo Sørensen Ghisolfi e Fábio	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2012	Ensino Fundamental e Médio

		Arcelino do Rego			
B ₂	Metacognição e as atividades experimentais em física: aproximações teóricas	Cleci T. Werner da Rosa e José de Pinho Alves Filho	Ensaio	2013	Ensino Médio
B ₃	Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as atividades experimentais em física	Cleci T. Werner da Rosa e José de Pinho Alves Filho	Ciência e Educação	2014	Ensino Médio
B ₄	Instrumento para avaliação do uso de estratégias metacognitivas nas atividades experimentais de Física	Cleci T. Werner da Rosa	Thema	2017	Ensino Médio
B ₅	Monitoramento e Controle Metacognitivo na Resolução de Problemas em Física: Análise de um estudo comparativo	Cleci T. Werner da Rosa e Caroline Maria Ghiggi	Alexandria	2017	Ensino Médio
B ₆	Perfil metacognitivo (parte II): aplicação de instrumento de análise	Nancy Nazareth Gatzke Corrêa, Marinez Meneghello Passos e Sérgio de Mello Arruda	Investigações em Ensino de Ciências	2018	Ensino Médio
B ₇	Metacognição e as relações com o saber	Nancy Nazareth Gatzke Corrêa, Marinez Meneghello Passos e Sergio de Mello Arruda	Ciência e Educação	2018	Ensino Médio
B ₈	Contribuições para a qualificação de professores de Física em formação inicial. Impactos sobre o uso de estratégias metacognitivas na resolução de problema	Cleci T. Werner da Rosa e Jesús Angel Meneses Villagrà	Iberoamericana de Educación	2018	Licenciandos em Física
B ₉	Metacognição e a experimentação investigativa: a construção de categorias interativa dialógicas	Carlos Jose Trindade da Rocha João Manoel da Silva Malheiro	Centro de Educação UFSM	2019	Crianças de um Clube de Ciências
B ₁₀	Questionamento metacognitivo associado à abordagem didática por indagação: análise de uma atividade de ciências no ensino fundamental	Cleci T. Werner da Rosa e Jesús Angel Meneses Villagrà	Investigações em Ensino de Ciências	2020	Ensino Fundamental

Fonte: da autora (2020).

Os artigos acima expostos foram produzidos no período de 2013 a 2020 embora o filtro tenha sido entre 2008 e 2020. Dos dez selecionados, seis têm como público-alvo alunos do Ensino Médio; dois, do Ensino Fundamental e Médio; um, de crianças integrantes de um clube de Ciências e outro, de licenciandos em Física. Também é importante informar que seis pertencem a uma mesma autora com diferentes colaboradores; três deles (ROSA, 2013; ROSA, 2014; ROSA, 2017) abordam a temática da metacognição e as atividades experimentais. Rosa (2014) investiga a possibilidade de inserir momentos durante o desenvolvimento de atividades experimentais para que os alunos externalizem seu pensamento metacognitivo, o que seria realizado por meio de questionários. Os resultados apontam que o modelo se mostrou pertinente, considerando que explicitar o pensamento metacognitivo pode ser uma alternativa para a aprendizagem em Física.

No trabalho de Rosa (2013), o objetivo foi estabelecer o conceito de metacognição e seus elementos, possíveis de serem potencializados nas atividades experimentais, desenvolvidas na disciplina de Física, no Ensino Médio. A autora afirma que os seis elementos metacognitivos (pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoramento e avaliação) se fazem presentes nas atividades experimentais e devem ser entendidos como termos para o estabelecimento de uma cultura de evocação do pensamento metacognitivo. Já no artigo de Rosa (2017), é apresentada uma ficha de observação como um instrumento para possibilitar a identificação do uso do pensamento metacognitivo, por parte dos alunos, durante as aulas de Física. O estudo relata resultados promissores, mostrando que a utilização do pensamento metacognitivo pode ser incentivada pelo professor na medida em que ele explicita, em suas ações didáticas, esse tipo de pensamento.

Os trabalhos de Coelho *et al.* (2012); Côrrea, Passos e Arruda (2018a) e Côrrea, Passos e Arruda (2018b) também têm como foco principal a metacognição. Coelho *et al.* (2012) apresentam um exemplo prático de atividades metacognitivas e sua contribuição para a formação de professores de Física reflexivos e críticos. Por sua vez, Côrrea, Passos e Arruda (2018a) traçam o perfil metacognitivo de sete alunos do Ensino Médio mediante as percepções e as reflexões que compunham o processo metacognitivo do grupo investigado. Já no estudo de Côrrea, Passos e Arruda (2018b) são divulgados os resultados de uma investigação que analisou os processos metacognitivos de estudantes de Física do Ensino Médio por meio das relações com o saber. As percepções dos alunos sobre seu processo da aprendizagem foram

analisadas com base em três categorias metacognitivas: epistêmicas, pessoais e sociais. A referida pesquisa demonstra que, para os investigados, o saber, o sentir e o valorar estão relacionados com o processo metacognitivo, e o planejamento das ações voltadas à aprendizagem, seu monitoramento e avaliação era realimentado pelas emoções e reflexões dos estudantes, que emergem do contato com o outro e com o mundo.

No que lhes diz respeito, os artigos de Rosa e Ghiggi (2017) e Rosa e Meneses Villagrá (2018b) apresentam a metacognição aliada à resolução de problemas. O primeiro investigou a resolução de problemas do tipo papel e lápis, em que os alunos precisaram reelaborar, por meio de um desenho, o enunciado (do problema) que favorecesse a tomada de consciência dos discentes sobre seus conhecimentos, monitoração e controle das ações. Já o segundo se refere às potencialidades do uso de estratégias metacognitivas utilizadas na resolução de problemas quando trabalhadas com futuros professores de Física.

Por seu turno, Rocha e Malheiros (2019) apontam contribuições de um instrumento de análise, com foco nas interações discursivas originadas de atividades experimentais investigativas, realizadas com crianças integrantes de um clube de Ciências. A pesquisa qualitativa analisou uma intervenção pedagógica em sequências de ensino investigativo por meio da resolução de problemas reais. Nesse trabalho, o destaque foi que um instrumento de análise que se apoia na discussão de uma sequência de ensino investigativo favorece o desenvolvimento gradual da consciência e controle tanto no processo argumentativo como no metacognitivo dos participantes do processo.

Já o trabalho de Rosa e Meneses Villagrá (2020), realizado com alunos do 5º ano do Ensino Fundamental, abordou a temática de questionamentos metacognitivos aplicados sob a perspectiva de ensino por indagação. O estudo teve como objetivo analisar as contribuições da inserção de momentos explícitos de ativação do pensamento metacognitivo para qualificar as discussões dos alunos, decorrentes de um ensino por indagação. A coleta de dados ocorreu por meio de vídeo-gravações de episódios de ensino e análise da interlocução dos estudantes entre si e deles com a professora/pesquisadora, além de registros em um diário de campo. Como resultados, o estudo aponta que as discussões estabelecidas se favoreceram pela tomada de consciência dos investigados sobre seus próprios conhecimentos e do controle executivo da ação em desenvolvimento. Ademais, a metodologia por indagação

concedeu liberdade na exposição de ideias, estruturação e testagem de hipóteses, resgate de conhecimentos prévios, entre outros aspectos associados à ativação do pensamento metacognitivo.

Na base de dados ERIC, a procura e a seleção de trabalhos aconteceram da mesma forma que nas bases BDTD e Periódicos da Capes. Inicialmente, destacaram-se 144 trabalhos com base na análise do título. Destes, foram escolhidos 13 e, após uma leitura completa, restaram dois por versarem sobre, pelo menos, dois temas já investigados - metacognição e Ensino Superior na área da Física/Ciência, citados no Quadro 3.

Quadro 3 - Artigos selecionados do Portal ERIC

Classificação	Título (Inglês)	Título (Português)	Autores	Ano de publicação	Público-alvo
C ₁	The Use of Metacognitive Knowledge Patterns to Compose Physics Higher Order Thinking Problems	O uso de padrões de conhecimento metacognitivos para compor problemas de pensamento de ordem superior de Física	Helmi Abdullah, Jasruddin D. Malago, Patta Bundu e Syamsul Bachri Thalib	2013	-
C ₂	Metacognition: An Effective Tool to Promote Success in College Science Learning	Metacognição: uma ferramenta eficaz para promover o sucesso na aprendizagem da faculdade de Ciências	Ningfeng Zhao, Jeffrey G. Wardeska, Sandra Y. McGuire e Elzbieta Cook	2014	Graduandos em química

Fonte: da autora (2020).

Os trabalhos selecionados trazem a metacognição como tema principal; porém, com diferentes olhares. O artigo de Abdullah, Malago, Bundu e Thalib (2013) investigou a orientação técnica simples para produzir problemas de Física adequados para ajudar os alunos a melhorarem suas habilidades de pensamento de ordem superior. A orientação técnica simples é chamada de padrão de conhecimento metacognitivo. O estudo desenvolveu, com sucesso, três padrões de conhecimento que podem ser usados para compor problemas físicos de pensamento de ordem superior, ou seja, triangulares, retangulares e hexagonais.

O trabalho realizado pelos autores Zhao, Wardeska, McGuire e Cook (2014) relata como a metacognição foi introduzida nas aulas de um Curso Superior para alunos graduandos em Química. O objetivo foi instruir professores a incorporarem a metacognição nas aulas de Ciências do Curso Superior e a aprimorarem a

aprendizagem cognitiva e afetiva dos alunos. Os resultados evidenciam que esse objetivo foi alcançado, demonstrando que a metacognição conduz a uma aprendizagem profunda e duradoura e que a implementação dessa estratégia contribui para o aumento da aprendizagem não apenas em Química, mas também em outros cursos e currículos. É importante frisar que os dois trabalhos selecionados da Base ERIC direcionam um olhar da metacognição ao Ensino Superior, o que serve de referência a esta Tese, visto que, nos demais bancos de dados, a maior parte dos estudos encontrados apresenta como público-alvo alunos da Educação Básica.

Dos trabalhos selecionados, em especial no de Rosa e Meneses Villagrá (2018b), tem-se o resultado de um mapeamento realizado na base ERIC sobre pesquisas que descrevem intervenções didáticas em Física com foco na metacognição. O resultado aponta um número maior de investigações que envolvem a resolução de problemas com ênfase no uso de questionários como forma de avaliar as intervenções quanto ao pensamento metacognitivo. Esse estudo revelou que as pesquisas têm aumentado nos últimos anos, evidenciando que a metacognição vinculada aos processos de ensino e aprendizagem em Ciências tem conquistado o reconhecimento da comunidade científica. Porém, segundo os autores, esse aumento não representa um número expressivo e indica que ainda há poucos trabalhos que abrangem intervenções didáticas na área da Física associados à metacognição, o que demonstra uma carência nessa perspectiva que continua pouco explorada. Ademais, revela a existência de uma lacuna no campo do ensino no que se refere às pesquisas vinculadas às práticas pedagógicas dos professores.

Neste sentido, infere-se que as pesquisas precisam gerar conhecimentos que se aproximem mais da realidade da escola, e que a comunicação de seus resultados seja clara e de fácil entendimento, permitindo ao docente melhorar sua prática pedagógica. Nessa perspectiva, intervenções didáticas que envolvem a metacognição em sala de aula são raras, e os professores apresentam dificuldades em trabalhar com esse tema em razão de seu pouco conhecimento referente a práticas que possam embasar seu trabalho em sala de aula. Em vista disso, na presente tese, realizou-se uma intervenção didática para o ensino de Física no Ensino Superior abrangendo a metacognição.

Cabe destacar que, na análise de Rosa e Meneses Villagrá (2018b), o nível de escolaridade que mais aparece nos estudos é o universitário, com 50% das pesquisas, diferentemente da realizada neste trabalho, em que predominaram alunos do Ensino

Médio. Ainda pela análise desses autores, ficou evidente a tendência de se trabalharem, em Física, conteúdos que envolvem a Mecânica – tanto no Ensino Médio como no Superior – com a justificativa de ser uma das matérias em que os estudantes apresentam maior dificuldade, independentemente do nível de escolarização.

Diante dos resultados apresentados até aqui e principalmente pelo fato de terem sido encontrados seis artigos da mesma autora dos dez selecionados no Portal de Periódicos da CAPES, realizou-se uma nova busca, direcionada a dois periódicos: *Metacognition and Learning* e *Journal of Research in Science Teaching*. A escolha ocorreu em virtude de serem revistas que possuem um alto fator de impacto: 2690 e 2248, no ano de 2019, respectivamente, e por ambas estarem diretamente relacionadas ao tema desta tese. Para a seleção dos artigos, foi adotado o mesmo critério das pesquisas anteriores, isto é, a metacognição deveria aparecer sempre acompanhando as demais expressões: “metacognição; atividades experimentais”, ou “metacognição; recursos tecnológicos” e assim sucessivamente. O período investigado foi de 2008 a 2020, sendo que a busca foi realizada em junho de 2020. Como foram selecionadas duas revistas, a seleção dos artigos teve como base a leitura de títulos e resumos de todas as edições publicadas no período analisado.

Na revista *Metacognition and learning*, analisaram-se trinta e nove publicações, com a média de cinco artigos em cada uma delas. Nelas, não foram encontrados trabalhos, contendo termos utilizados nesta pesquisa, que contemplassem, no mínimo, duas expressões combinadas - metacognição e atividades experimentais ou metacognição e recursos tecnológicos. Quanto às publicações da revista *Journal of Research in Science Teaching*, leram-se os títulos de todas as edições de 2008 até junho de 2020, ou seja, de, aproximadamente, 720 artigos. Destes, sobraram 4 para leitura do resumo e selecionados dois para discussão nesta Tese. A seleção se restringiu a apenas dois por serem os únicos a vincularem a metacognição e o ensino de Física e a metacognição e o uso de tecnologias no ensino, presentes no Quadro 4.

Quadro 4 - Artigos selecionados da revista *Journal of Research in Science Teaching*

Classificação	Título (Inglês)	Título (Português)	Autores	Ano de publicação	Público-alvo
D ₁	Metacognitive engagement during field-trip experiences: A case study of students in an amusement park physics program	Engajamento metacognitivo durante experiências de viagem de campo: um estudo de caso de alunos em um programa de física de parque de diversões	Wendy S. Nielsen, Samson Nashon, David Anderson	2018	-
D ₂	Unpacking students' epistemic cognition in a physics problem-solving environment	Desdobrando a cognição epistêmica dos alunos em um ambiente de solução de problemas de física	Maria Lindfors, Madelen Bodin Shirley Simon	2019	-

Fonte: da autora (2020).

Nielsen, Nashon e Anderson (2018) investigaram o envolvimento metacognitivo de alunos em sala de aula e em ambientes fora da escola enquanto participavam de um programa de física em um parque de diversões. Os discentes integrantes do programa trabalharam em grupos para resolver coletivamente novos problemas de física que envolviam a metacognição. As conversas e disposições comportamentais foram gravadas digitalmente. Os investigados mantiveram diários de reflexão sobre as estratégias que empregaram para gerenciar sua própria compreensão, bem como processos de aprendizagem. Eles preencheram um questionário desenvolvido pelos autores do trabalho. Isso forneceu sinais de envolvimento metacognitivo dos estudantes durante a resolução de problemas em grupo (no parque) e subseqüentes tarefas relacionadas ao aprendizado de física na sala de aula. Esses dados, somados ao diário de campo, decorrentes de observações e entrevistas formais e informais, durante as atividades de aprendizagem pós-visita, forneceram o corpus de dados sobre o envolvimento metacognitivo dos alunos. A análise dos dados da referida pesquisa revelou três tipos de engajamento metacognitivo durante as tarefas de aprendizagem em grupo: colaborativo e em busca de consenso, altamente argumentativo e eclético, resultantes de altos níveis de dissonância.

Por sua vez, Lindfors, Bodin e Simon (2019) examinaram a relação entre as crenças epistêmicas científicas (SEB) dos alunos, suas práticas epistêmicas e sua cognição epistêmica em uma simulação de computador na mecânica clássica. As

manipulações dos participantes na simulação, comentários orais e comportamento foram gravados em tela e vídeo e, posteriormente, transcritos e codificados. Além disso, realizou-se uma pesquisa para acessar o pensamento e as reflexões dos estudantes sobre sua prática para, além de compreendê-la, fazer inferências acerca de seu processo de cognição epistêmica. Comparar o SEB, soluções de problemas e práticas epistêmicas dos três discentes permitiu examinar a interação entre SEB, estratégias de resolução de problemas, compreensão conceitual e reflexão metacognitiva e, assim, verificar como, juntas, operaram para facilitar as soluções de problemas.

Em síntese, os trabalhos apresentados nesta seção apresentam um panorama do que está sendo discutido em relação aos temas/focos desta tese. Cumpre destacar que, embora este estudo tenha se limitado a três bases de dados e dois periódicos internacionais, é possível fazer alguns apontamentos a partir da análise realizada. Um deles é que o tema metacognição no Ensino de Física, com o uso de atividades experimentais e simulações computacionais aplicadas no Ensino Superior não foi encontrado na busca efetivada. De fato, conseguiram-se apenas alguns trabalhos (ROSA, 2011; ROSA; ALVES FILHO, 2013; ROSA; ALVES FILHO, 2014; ROSA, 2017) que investigam a metacognição com o uso de atividades experimentais, mas que não se articulam com atividades computacionais. Os demais se alinham à pesquisa por alguns aspectos, como uma aproximação das atividades experimentais com o uso de tecnologias (LIBARDONI, 2012; RODRIGUES, 2016, PERES, 2016; RIBAS, 2017; DORNELES, 2010; PALUDO, 2014; NASCIMENTO, 2014); porém, sem mencionar a metacognição.

Além dos acima mencionados, descobriram-se outros trabalhos que focam a metacognição, mas com olhares diferentes dos abordados nesta tese para o ensino de Física (CORRÊA, 2017), ou que apresentam a metacognição aliada à resolução de problemas (ROSA; GHIGGI, 2017; ROSA; MENESES VILLAGRÁ, 2018a). Já alguns tratam a metacognição sob outras perspectivas: como percepções e reflexões evidenciadas na aprendizagem em Física (COELHO *et al.*, 2012; CÔRREA; PASSOS; ARRUDA, 2018a; CÔRREA; PASSOS; ARRUDA, 2018b); como uma habilidade de pensamento (ABDULLAH *et al.*, 2013); de que forma professores podem incorporá-la para melhorar a aprendizagem cognitiva e afetiva dos alunos (ZHAO *et al.*, 2014); ou como a metacognição pode ser vista no ensino de Física fora de ambientes escolares

- parques de diversão - (NIELSEN, NASHON; ANDERSON, 2018) e sobre as crenças e cognição epistêmica (LINDFORS; BODIN; SIMON, 2019).

A leitura dos citados trabalhos corroborou esta Tese no sentido de ampliar o conhecimento sobre metacognição e suas inserções no ensino, além de terem contribuído para a reflexão e elaboração dos roteiros-guia desenvolvidos e formação de diferentes perguntas metacognitivas. Ademais, os estudos relacionados ao uso de atividades experimentais e recursos computacionais, aliados à metacognição, foram essenciais para o embasamento teórico do que foi proposto nesta pesquisa.

Cabe destacar que dos 21, 12 têm como público-alvo o Ensino Médio; dois, o Ensino Médio e o Fundamental e apenas quatro, o Ensino Superior, identificados quando a busca foi expandida para a base ERIC. Porém, encontraram-se trabalhos com experiência na Graduação, com um olhar mais amplo da ciência, não especificando o Ensino de Física, nem a metacognição relacionada às atividades experimentais ou computacionais. Além disso, em dois dos bancos de dados, BDTD e CAPES, os estudos foram desenvolvidos por duas autoras e colaboradores, o que pode ser um indício de poucos pesquisadores estudando metacognição para a área do Ensino de Física.

Diante das considerações apontadas, a partir da análise efetivada, conclui-se que este tema carece de mais pesquisas, principalmente no que se refere ao Ensino Superior. Além disso, a metacognição, aliada ao uso de atividades experimentais e recursos tecnológicos na área de Física no Ensino Superior, não consta nas bases consultadas, fato que justifica a importância desta investigação para o campo das Ciências. Ademais, pode-se considerar este estudo inédito e produtivo para a comunidade acadêmica, visto que os temas discutidos e analisados apresentam potencialidades para contribuir para a aprendizagem de alunos, em particular no Ensino Superior, na disciplina de Física.

Posto isso, no próximo capítulo, são apresentadas as escolhas metodológicas e suas justificativas para este trabalho. Além disso, destacam-se o teste-piloto, a contextualização da amostra e a prática pedagógica desenvolvida.

3 CAMINHOS DA PESQUISA

A sala de aula é um terreno fértil e colaborativo, motivo pelo qual foi escolhida para ser o espaço desta pesquisa, pois nem sempre é possível qualificar os processos de ensino e de aprendizagem. Neste capítulo, apresentam-se os aspectos metodológicos e os procedimentos relacionados à prática pedagógica. A primeira seção trata dos fundamentos metodológicos, ou seja, características do estudo, instrumentos de coleta de dados e a forma de análise de dados. A segunda faz referência ao teste-piloto e sua aplicação no primeiro semestre em 2019, seguidos da contextualização e desenvolvimento da prática pedagógica aplicada no segundo semestre de 2019.

3.1 Procedimentos da pesquisa

Em termos metodológicos, esta pesquisa possui uma abordagem qualitativa. Segundo Creswell (2007, p. 186), “a pesquisa qualitativa é fundamentalmente interpretativa, uma vez que o pesquisador faz uma interpretação dos dados e tira conclusões de seu significado. O que não impede uma interpretação pessoal na análise de dados”. Minayo (2010, p. 21) complementa que “a pesquisa qualitativa trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes”. Portanto, o pesquisador não está interessado somente no produto final, mas no processo, no significado dos pensamentos e no modo de ser das pessoas. Nesse sentido, a pesquisa qualitativa, segundo Gerhardt e Silveira (2009, p. 31-32), “não se preocupa com representatividade numérica, mas com a compreensão de um grupo social, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados”. Enfim, ela trabalha com o universo de significados, motivos,

aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (MINAYO, 2010). Por isso, os pesquisadores qualitativos buscam compreender melhor o comportamento e a experiência dos humanos:

Tentam compreender o processo mediante o qual as pessoas constroem significados e descrever em que constituem estes mesmos significados. Recorrem à observação empírica por considerarem que é em função de instâncias concretas do comportamento humano que pode refletir com maior clareza e profundidade sobre a condição humana (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 70).

Portanto, esta tese se caracteriza como qualitativa pelo fato de não levar em consideração dados numéricos, especialmente em razão do estudo estar relacionado ao significado, bem como à compreensão e interpretação dos processos de pensamento metacognitivo. Assim, buscou-se compreender uma realidade de sala de aula por meio de intervenções didáticas num determinado período, procurando identificar, nas escritas e enunciações orais dos alunos, indícios do pensamento metacognitivo, além de interpretar os dados coletados imbricados com o referencial teórico apresentado neste estudo.

A metodologia da pesquisa é do tipo descritiva, que, segundo Marconi e Lakatos (2009, p. 7), são “[...] investigações de natureza empírica que descrevem um fenômeno ou situação, mediante um estudo realizado em determinado espaço-tempo”. Neste sentido, procurou-se descrever características, propriedades e relações existentes no fenômeno investigado, além de colher informações sobre atitudes, decisões e escolhas que os indivíduos efetivaram sobre o tema abordado, identificando, dessa forma, tendências e interesses, bem como estabelecer relações entre os dados que emergiram durante um período de tempo pré-estabelecido.

No que se refere aos instrumentos de coleta de dados, estes foram coletados de diferentes formas, a saber: questionários metacognitivos, diários de campo para registros da observação sistemática, gravação de áudio dos alunos, em pequenos grupos, durante a realização das atividades dos roteiros-guia. Salienta-se que a pesquisadora é a própria professora da turma⁸, por isso definida como professora/pesquisadora⁹.

⁸ Para o desenvolvimento desta pesquisa na turma da Universidade, foi efetivado um pedido formal por meio do Protocolo nº 9452/2019, sendo que este teve retorno deferido.

⁹ A partir deste ponto da Tese, passa-se a definir a autora deste trabalho como professora/pesquisadora.

Nos roteiros-guia, são descritas as situações-problema que foram resolvidas pelos alunos em pequenos grupos (máximo três integrantes), fazendo uso de material prático ou simulações computacionais, ou por outro recurso de sua escolha. Os roteiros-guia são autoexplicativos para que a professora/pesquisadora tenha o mínimo possível de interferência na atividade proposta. Todas as atividades envolveram questionamentos de natureza metacognitiva, com o objetivo de compreender quais foram as estratégias utilizadas, se o pensamento metacognitivo aconteceu ou não e, em caso afirmativo, de que forma. Esses questionamentos levaram o aluno a refletir sobre os caminhos que escolheu, juntamente com seu grupo, para chegar à solução da situação-problema sugerida, bem como avaliar se as escolhas realizadas foram as melhores, se mudaria ou faria algo de diferente. Para isso, realizaram-se três intervenções didáticas, acompanhadas de um roteiro-guia, elaborado especialmente para esses encontros.

No que se refere às perguntas de caráter metacognitivo, foram distribuídas tanto com em roteiros-guia das atividades, como em questionário metacognitivo aplicado individualmente aos alunos participantes do processo, ao final da realização da intervenção didática, por meio da ferramenta *google* formulário¹⁰ ou, ainda, oralmente durante a realização da atividade. Os questionamentos metacognitivos foram elaborados com base nos seis elementos metacognitivos e inspirados nos trabalhos de Rosa (2014). As inclusões de tais questionamentos tiveram o intuito de auxiliar os investigados na evocação do pensamento metacognitivo, organizando suas ideias e planejamentos futuros, inclusive fora do contexto escolar. Além disso, contribuíram para a organização didática da professora/pesquisadora que, ao conhecer as estratégias de pensamento de seus estudantes, pôde adaptá-los aos conteúdos e ações propostas.

Segundo Marconi e Lakatos (2009), o questionário é um instrumento de coleta de dados constituído de uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador. Para Rosa (2014), é uma forma de promover atitudes mais autônomas pela busca do conhecimento e de tomada de consciência do modo de pensar. As questões foram de cunho interpretativo e orientador e com o intuito de promover a reflexão dos alunos sobre a ação. O Quadro

¹⁰ Aplicativo de gerenciamento de pesquisas lançado pelo Google. Os usuários podem utilizá-lo para pesquisar e coletar informações sobre outras pessoas e também para questionários e formulários de registro.

5 contém as perguntas metacognitivas sugeridas pela autora e, na última coluna, as questões metacognitivas elaboradas e que foram aplicadas no decorrer desta pesquisa.

Quadro 5 - Questionamentos de acordo com os seis elementos metacognitivos

	Elementos metacognitivos	Perguntas metacognitivas sugeridas por Rosa (2014)	Perguntas metacognitivas que foram aplicadas
Conhecimento do conhecimento	Pessoa	Identifica este assunto com outro já estudado? O que está sendo estudado? Qual o sentimento em relação a este conhecimento? Compreendeu a atividade? Entendeu o enunciado? Está interessado em realizar a atividade proposta? Apresenta conhecimento sobre o assunto? Encontra-se em condições de realizar a atividade? Apresenta limitações neste tema? Consegue buscar alternativas para sanar possíveis deficiências neste conhecimento?	Que conhecimentos sobre o tema você tinha antes de desenvolver a atividade?
	Tarefa	Entendeu a tarefa? Que tipo de tarefa é esta? Identifica-a com outra já realizada? Julga ter facilidade ou dificuldade em realizar tarefas como a proposta? Está de acordo com seus conhecimentos? Identifica o que é preciso para resolvê-la?	*Com base em que conhecimentos você respondeu às questões anteriores? Qual das atividades você mais gostou de realizar; a experimental ou a simulação? Explique por quê.
	Estratégia	Conhece estratégias para resolver este tipo de problema? Tem facilidade com esse tipo de estratégia? Qual a mais indicada? Há outra possibilidade de realização da tarefa? Dispõe do que precisa para executar a tarefa?	*Quais foram as estratégias utilizadas pelo grupo para chegar a esta conclusão? Descreva as estratégias utilizadas pelo seu grupo no desenvolvimento da situação. Você pensa que essas estratégias poderiam ser utilizadas novamente em uma situação semelhante a esta? Comente. Os materiais disponíveis, tanto físicos como virtuais, foram suficientes para resolver a situação-problema e responder às questões? Teve algum que foi relevante e merece ser destacado? Se sim, qual e por quê. Durante o desenvolvimento das atividades, o grupo teve de mudar de estratégia para conseguir chegar ao resultado e alcançar o objetivo da atividade? Se sim, descreva quais foram as mudanças. Durante seu desenvolvimento, houve mudanças de planos no

			decorrer da resolução? Se sim, quais? Comente.
Controle executivo e autorregulador	Planificação	O que entendeu sobre a atividade proposta? Identifica por onde deve iniciar? Como resolver a tarefa proposta? Como organizar as informações apresentadas na atividade? Consegue visualizar o procedimento em relação ao fim almejado?	Como o grupo planejou resolver a questão? Houve mudanças de planos no decorrer da resolução? Se sim, quais? Comente. O grupo optou pelo experimento com material prático ou pela simulação? Por quê?
	Monitoração	Compreende bem o que está fazendo? Qual o sentido do que está fazendo? Qual o objetivo desta atividade? A estratégia que utiliza é adequada? Tem domínio do que está executando? Há necessidade de retomar algo? O planejamento está funcionando? Como procedeu até aqui? Por que está estudando este assunto? Por que está realizando a atividade proposta? Continuando desta forma, vai atingir os objetivos desta atividade?	Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar a atividade com seu grupo de trabalho? Você adquiriu novos conhecimentos com esta atividade? Se sim, quais?
	Avaliação	Consegue descrever o que e como realizou? Qual era o objetivo proposto inicialmente? Houve necessidade de rever algo durante a realização da atividade? Qual é o estado da atividade? Tem consciência do conhecimento adquirido com a realização da atividade? Os resultados encontrados foram os esperados?	*Que resultado o grupo havia previsto para a questão-problema no início da atividade? Como esse resultado se relaciona com o encontrado ao final da atividade? Se houve mudanças no resultado esperado, quais e por quê? *Descreva detalhadamente o passo a passo de como o grupo chegou aos valores dos atritos estáticos e cinético. Os resultados encontrados atendem ao objetivo da atividade? Tendo de contar a alguém sobre a aula, você se sentiria em condições de descrever o que foi feito e explicar os resultados encontrados? Comente.

*Questões que aparecem no roteiro-guia durante o desenvolvimento da atividade.

Fonte: adaptado pela autora com base em Rosa (2014).

As quatro perguntas marcadas com um asterisco foram respondidas durante o desenvolvimento das atividades; as outras, ao final, em um formulário específico do *google* e de forma individual. Nos Apêndices 2, 3 e 4, estão detalhados os roteiros-guia utilizados. Ainda sobre o Quadro 5, percebe-se que há mais questões relacionadas aos elementos estratégia e avaliação quando comparados aos demais. A diferença está relacionada ao público-alvo ser do Ensino Superior. Pelo fato de

estar trabalhando com alunos que têm contato com Cálculo, uma matemática abstrata e as atividades propostas desta tese focarem também o uso de simulações computacionais, acredita-se que esses elementos foram potencializadores do desenvolvimento do pensamento metacognitivo. De fato, tanto a estratégia como a avaliação são os últimos elementos de cada um dos componentes - Conhecimento do Conhecimento e Controle Executivo e Autorregulador. Ou seja, eles indicam o final de cada ciclo, sendo o primeiro abstrato do pensamento do aluno; o segundo, relacionado à ação do sujeito.

Outra forma de coletar dados foi por meio da gravação das enunciações e discussões dos sujeitos no decorrer da exploração das atividades que, posteriormente, foram transcritas. Cada grupo tinha um gravador que permaneceu ligado durante todo o período da realização das atividades, o que possibilitou a análise detalhada dos relatos e debates que emergiram durante a resolução das situações-problema. Para Carvalho e Locatelli (2007, p. 25),

A gravação favorece a coleta de informações quando os alunos estão no pequeno grupo resolvendo o problema e quando já com toda a classe estão discutindo, sob a orientação do professor. Estes são os momentos em que os alunos, ao experimentarem, ao explicarem o 'como?' e o 'por quê?', apresentam, por meio das linguagens gestual e oral, as estruturas do raciocínio utilizadas para chegar à resolução do problema proposto.

Durante a realização das atividades, também foi constante a técnica de observação do tipo sistêmica, em que o pesquisador sabe quais os aspectos do grupo são significativos para se alcançar os objetivos pretendidos (GIL, 2010). Assim, as impressões, reflexões, resultados, observações e situações que ocorreram na investigação, comentários dos participantes, opiniões, entre outros, foram registrados no diário de campo da professora/pesquisadora. Para Martins (2008), este é um documento de registros diários que mostra o detalhamento da pesquisa e, segundo Fiorentini e Lorenzato (2007, p. 118),

É nele que o pesquisador registra observações de fenômenos, faz descrições de pessoas e cenários, descreve episódios ou relata diálogos [...] espera-se que contenha impressões, comentários e opinião do observador sobre o meio social em que realiza suas observações, seus erros, dificuldades, confusões, incertezas e temores, suas boas perspectivas, acertos e sucessos, suas reações e as dos participantes (gestos, expressões verbais e faciais etc.).

Para auxiliar nas observações, durante a aplicação das intervenções didáticas, contou-se com uma observadora externa, aluna da Psicologia e bolsista de iniciação científica do grupo de pesquisa Tendências no Ensino, na qual a autora desta Tese é voluntária. Ela orientou a observadora sobre o que e como acompanhar os grupos de

trabalho com base no Quadro 6. Suas observações foram registradas em um diário de campo, e sua participação foi essencial, visto que foram várias as equipes participantes.

Quadro 6 - Ações e manifestações metacognitivas.

	Possíveis ações dos alunos de acordo com Rosa (2011)	Indicativos de manifestações metacognitivas de acordo com Rosa (2011)	Ações e comportamentos observáveis de acordo com Rosa (2011)
Pessoa	Lê para si ou com os colegas o objetivo. Presta atenção enquanto o professor expõe o objetivo. Expõe palavras ou expressões que possam ser interpretadas como de interesse pelo que será feito. Discute com seus colegas ou busca no seu material os conhecimentos considerados pré-requisitos.	Relaciona o conteúdo com conhecimentos anteriores. Organiza suas ações em função de características pessoais e de seus colegas. Avalia/retoma seus conhecimentos identificando aspectos merecedores de melhoria. Contempla a diversidade de opiniões sobre as hipóteses de trabalho e as avalia juntamente com seus colegas. Apresenta interesse pelo conhecimento e pela tarefa envolvida na atividade experimental.	1. Reconhece o conteúdo ou parte dele com relação a aprendizagens anteriores. 2. Apresenta consciência do objetivo a ser atingido e de que conhecimento precisa para respondê-lo. 3. Encontra-se motivado para realizar a atividade, fazendo inferências sobre os conhecimentos em estudo e o modo de realizar a atividade. 4. Participa da formulação de hipóteses, retomando seus conhecimentos, confrontando-os com as colocações de seus colegas. 5. Avalia seus conhecimentos em função dos necessários para realizar a atividade.
Tarefa	Questiona ou discute com o professor, ou colega do grupo, sobre o tipo de atividade a ser realizada ou mesmo sobre o procedimento apresentado.	Relaciona características da atividade a ser realizada e estabelece comparações com outras já desenvolvidas. Reconhece suas ações diante das envolvidas na atividade.	6. Reconhece suas características pessoais diante às necessárias para a atividade. 7. Estabelece comparações entre ações envolvidas na atividade e outras já realizadas.
Estratégia	Aborda no grupo possíveis alternativas de desenvolvimento.	Reconhece-se no caminho que deverá ser seguido para atingir o objetivo. Examina o seu método de executar a atividade experimental. Estabelece comparações entre ações já executadas em outras atividades e as necessárias a esta.	8. Discute com seus colegas a estratégia para realizar a atividade, estabelecendo comparações com outras já efetuadas ou mesmo com as que seus colegas sugerem. 9. Avalia a estratégia com seus conhecimentos e de seus colegas, ou em termos dos equipamentos e materiais disponíveis.

Planificação	<p>Discute com os colegas do grupo as atribuições de cada um diante da identificação das habilidades pessoais. Organiza ou participa da organização do grupo para a execução.</p>	<p>Organiza suas ações ou participa da organização do grupo, levando em consideração seus conhecimentos, os necessários para a atividade, as características de seus companheiros, o tipo de tarefa e a estratégia a ser realizada. Planeja a ação e a distribuição das atividades, verificando do que dispõe e o que será necessário para atingir o objetivo. Apresenta clareza de entendimento da atividade, de como fazê-la e do que será preciso.</p>	<p>10. Planeja as ações, tendo como referência seus conhecimentos, a tarefa envolvida e a estratégia a ser utilizada. 11. Leva em consideração, na organização da atividade, as características pessoais e de conhecimento de seus colegas de grupo. 12. Tem clareza por onde começar a atividade e do caminho a ser trilhado para chegar ao objetivo.</p>
Monitoração	<p>Expõe constantemente para si ou para o grupo o fim a ser alcançado. Cuida em manter as atenções do grupo centradas no objetivo cognitivo. Avalia periodicamente os equipamentos e materiais disponíveis em relação aos necessários.</p>	<p>Executa a atividade, retomando o objetivo e o planejamento, verificando se há equívocos de conhecimentos ou desvios operacionais. Reconhece a etapa de execução da atividade como parte fundamental dela e que necessita ser efetuada com cuidados. Retoma estratégias a fim de verificar sua pertinência em relação à execução da atividade experimental. Controla ativamente sua ação e os conhecimentos envolvidos. Procede à organização dos dados coletados, tendo em mente o que precisará para os resultados finais da atividade.</p>	<p>13. Confronta a ação em execução e o objetivo pretendido. 14. Avalia se os materiais e equipamentos estão de acordo com o planejado. 15. Realiza questionamentos para o grupo se tudo está de acordo com o previsto ou se há problemas não previstos inicialmente. 16. Participa das decisões do grupo, questionando o que está sendo realizado, de forma a revisar as ações executadas, valorizando esta etapa da atividade experimental. 17. Sistematiza os dados coletados tendo em vista a elaboração dos resultados da atividade experimental.</p>

Avaliação	Confronta o resultado encontrado com o objetivo cognitivo. Discute com os colegas se houve desvios na coleta de dados e em que momento ocorreram. Analisa o resultado diante dos obtidos pelos outros ou mesmo diante de seus conhecimentos.	encontrado com as hipóteses estabelecidas e o objetivo do estudo. Avalia o resultado de modo a identificar possíveis falhas no processo, o momento em que elas ocorrem e a natureza destas falhas. Retoma o realizado quando necessário a fim de refletir sobre o modo como foi feito. Adquire consciência sobre a importância de adotar uma atitude crítica com relação aos resultados adquiridos. Tem clareza do conhecimento adquirido com a atividade experimental realizada.	18. Retoma o resultado encontrado, identificando o modo executado e se este permitiu atingir o objetivo e verificar as hipóteses inferidas no início do estudo. 19. Avalia o resultado em termos de possíveis equívocos ou distorções de conhecimento ou operacionais na execução da atividade experimental. 20. Apresenta clareza do conhecimento adquirido com a realização da atividade experimental e dos meios que o levaram a chegar a este conhecimento.
------------------	--	---	---

Fonte: Rosa (2011, p. 195).

Quanto às observações, cabe destacar que nem a professora/ pesquisadora nem a bolsista conseguiram identificar todas as ações descritas na quarta coluna do Quadro 6 - Ações e comportamentos observáveis de acordo com Rosa (2011). Embora ambas circulassem entre os grupos, durante as atividades, em vários momentos, a professora/pesquisadora era solicitada para sanar dúvidas de ordem técnica, como por exemplo, o acesso aos aplicativos. Por essa razão, os itens foram analisados posteriormente nas gravações de áudio transcritas e se tornaram os balizadores na análise de indícios de manifestação de pensamento metacognitivo por meio dos elementos metacognitivos: pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação.

Quanto à análise desses dados, ela ocorreu mediante a aplicação da Análise Textual Discursiva (ATD), que, de acordo com Moraes e Galiazzi (2016), configura-se como uma metodologia de etapas extremamente minuciosas, requerendo do pesquisador a atenção e a rigurosidade em cada uma delas do processo. Conforme Moraes e Galiazzi (2016), são três, sendo a primeira o processo de unitarização, em que o texto é desconstruído e fragmentado em unidades de significado. Por conseguinte, é a etapa essencial ao desenvolvimento da ATD, pois, na unidade, estão contidas as mensagens mais significativas dos textos analisados. A segunda compreende a organização de categorias, as quais podem ser constantemente

reagrupadas. Por fim, na terceira, produz-se um metatexto com as novas compreensões obtidas.

Nesta tese, na primeira etapa da ATD, desconstruíram-se os textos da seguinte maneira: os dados individuais coletados dos questionários metacognitivos escritos foram organizados em um quadro, sendo que cada coluna corresponde a uma pergunta metacognitiva, e suas respostas estão enquadradas em um dos elementos metacognitivos (pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação), organizados um em cada linha do quadro. Na sequência, realizou-se o mesmo procedimento para os dados individuais das transcrições dos áudios gravados. Os registrados nos diários de campo também foram adicionados e complementaram o quadro.

As citações utilizadas neste trabalho foram extraídas dos questionários e das transcrições dos áudios gravados durante a realização das tarefas, além de evidências registradas no diário de campo da professora/ pesquisadora e da bolsista que acompanharam a aplicação das atividades. Destaca-se que os excertos dos participantes da pesquisa estão escritos em itálico para diferenciar as ideias dos autores utilizados no referencial teórico.

Por questões éticas, não são divulgados os nomes dos alunos participantes. Assim, para identificá-los na pesquisa, usam-se códigos, como por exemplo, Qx Ex, quando se faz referência ao questionamento respondido durante a atividade x, pelo aluno x. Os códigos Ax Ex são alusivos aos áudios transcritos do aluno x em cada uma das intervenções; já PEx é concernente aos registros dos estudantes no teste-piloto; por sua vez, DP e DB dizem respeito aos registros do diário de campo da professora/pesquisadora e da bolsista tanto para o teste-piloto como para as três intervenções. O Quadro 7 apresenta cada um desses códigos com sua respectiva legenda.

Quadro 7 - Nomenclatura utilizada para os excertos de acordo com os instrumentos de coleta de dados.

Q1 E1	Questionamento respondido pelo aluno 1, na intervenção 1, sobre queda livre.
Q2 E1	Questionamento respondido pelo aluno 1, na intervenção 2, sobre atrito.
Q3 E1	Questionamento respondido pelo aluno 1, na intervenção 3, sobre pêndulo simples.

A1 E1	Áudio transcrito do aluno 1, na intervenção 1, sobre queda livre.
A2 E1	Áudio transcrito do aluno 1, na intervenção 2, sobre atrito.
A3 E1	Áudio transcrito do aluno 1, na intervenção 3, sobre pêndulo simples.
PE1	Registros do teste-piloto do aluno 1.
DP	Registros do diário de campo da professora/ pesquisadora.
DB	Registros do diário de campo da bolsista.

Fonte: da autora (2020).

É importante lembrar que, tanto para o teste-piloto como para a prática pedagógica, a totalidade dos alunos assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE 1). Salienta-se que todos foram convidados a fazerem parte da pesquisa, tendo a liberdade de aceitar ou não, sem mérito ou demérito em relação à disciplina que estavam cursando. A turma, de forma unânime, confirmou sua participação.

Na segunda etapa da ATD, as categorias foram definidas *a priori*, de acordo com os objetivos específicos da Tese e os materiais que foram coletados e organizados no Quadro da fase anterior. Para isso, usaram-se os seis elementos metacognitivos - pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação (ROSA, 2014) -, os diferentes recursos utilizados, bem como o tipo de roteiro utilizado em cada intervenção.

A categoria **elementos metacognitivos e o envolvimento dos sujeitos** atende ao objetivo específico de analisar a tomada de consciência metacognitiva com base nos elementos pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação. Já em **roteiros como guias do pensamento metacognitivo**, os dados coletados foram empregados para contemplar o objetivo específico elaborar e desenvolver roteiros-guia, envolvendo o uso de atividades experimentais ou simulação computacional, para resolver situações-problema, explorando conceitos da física que permitem fomentar o pensamento metacognitivo dos alunos de Engenharia. No que lhe concerne, **a utilização de recursos experimentais e tecnológicos para solucionar a situação problema proposta** está relacionada ao objetivo específico da Tese, que é o de explorar como o uso de diferentes recursos podem evocar o pensamento metacognitivo.

Por fim, na última etapa da ATD, foram produzidos os meta-textos por categoria, correlacionando o aporte teórico do estudo aos dados emergentes desta

pesquisa. O intuito foi responder ao problema de pesquisa, isto é, Como alunos de Engenharia evocam o pensamento metacognitivo quando são desafiados a solucionar situações-problema nas quais podem fazer uso de material experimental ou de simulação computacional? A sessão seguinte descreve os procedimentos do teste-piloto realizado no primeiro semestre de 2019 e do desenvolvimento da prática pedagógica efetivada no segundo semestre de 2019.

3.2 Procedimentos do teste-piloto e da prática pedagógica

Nesta seção, apresentam-se os procedimentos do teste-piloto aplicado no primeiro semestre de 2019 e da prática pedagógica organizada em três intervenções didáticas que foram aplicadas no segundo semestre de 2019. Cada uma delas ocorreu em momentos distintos ao longo do semestre. A Figura 2 apresenta as atividades desenvolvidas em ordem cronológica.

Figura 2 - Cronograma das atividades desenvolvidas nesta Tese



Fonte: da autora (2021).

Inicialmente, pretendia-se repetir a aplicação da prática pedagógica em 2020 no primeiro semestre, mas, em virtude Pandemia do COVID-19, a ação não foi possível de ser realizada, pois nas intervenções didáticas uma possibilidade era, dos estudantes manipularem material concreto para a resolução das situações proposta e trabalharem em pequenos grupos, fato este impedido pelos protocolos de segurança sanitária impostos pela pandemia. Então, os dados analisados neste trabalho são apenas de uma aplicação do teste-piloto e uma da prática pedagógica, subdividida em: intervenção didática 1, intervenção didática 2 e intervenção didática 3.

3.2.1 Teste-piloto

O teste-piloto foi elaborado e aplicado previamente à intervenção didática com o objetivo de apontar aspectos limitantes da proposta, que poderiam remeter a ajustes e reformulações antes do estudo final. Além disso, serviu para a professora/pesquisadora ter uma experiência inicial em relação à metacognição. Inicialmente, organizou-se um roteiro-guia, que se encontra no Apêndice 5, o qual foi aplicado no primeiro semestre (2019/A), em uma turma de Física I, durante um turno de aula, o que corresponde a quatro horas. O tema escolhido foi *Queda livre* por fazer parte da ementa de conteúdos da disciplina, além de ser um assunto em que os alunos demonstravam dificuldades de compreensão para diferenciar gravidade de resistência do ar. A atividade foi desenvolvida em grupos de, no máximo, quatro integrantes, envolvendo quarenta e sete alunos de diversos Cursos de Engenharia - Civil, Mecânica, Elétrica, Química, Ambiental e Produção. A turma era constituída de jovens, com idades entre dezoito e trinta e cinco anos, em que predominavam os homens - mais da metade -, o que geralmente tem ocorrido nos referidos cursos quando as disciplinas são compartilhadas como é o caso da Física.

Tanto a elaboração como a aplicação do roteiro-guia tiveram como objetivo perceber se os alunos manifestavam ou não indícios que pudessem ser identificados como decorrentes do pensamento metacognitivo e como as atividades experimentais e simulações computacionais estavam relacionadas a esse processo. Eles foram desafiados a solucionar uma situação-problema e a responder uma sequência de perguntas de cunho metacognitivo.

Para a solução do desafio e das questões propostas, eles podiam simular, de maneira semelhante, a situação descrita no problema dado, fazendo uso de materiais disponíveis à experimentação física ou acessar *links* nos quais eram apresentadas simulações semelhantes ao desafio proposto. Para a atividade experimental, foram disponibilizados estes materiais: uma esfera de 24 g, uma trena, um cronômetro e uma balança de precisão. Em relação aos simuladores virtuais, propiciaram-se seis *links*, nos quais era possível simular quedas de objetos em diferentes alturas e massas, observando o tempo de queda e a velocidade ao atingirem o chão, com o movimento desprezando a resistência do ar. A professora/pesquisadora fez uso de um tubo com objetos, possibilitando a simulação de um vácuo e observação da queda

de tais objetos com e sem a presença do ar. Além disso, assistiu-se a um vídeo sobre a maior câmara de vácuo do mundo¹¹, disponível no *Youtube*.

Ao final da atividade, de maneira individual, cada aluno respondeu a um questionário metacognitivo, pelo *google* formulários, contendo sete questões abertas sobre a atividade desenvolvida, que se encontram no apêndice 2 desta tese. Já a análise do teste-piloto está descrita na primeira seção, intitulada “Resultados do teste-piloto”, Capítulo 4, que discute a análise dos dados e resultados na seção 4.1.

3.2.2 Contextualização e a prática pedagógica

A coleta de dados referente à prática pedagógica se constituiu de uma amostra de dezesseis alunos, na faixa etária entre dezenove e vinte e cinco anos, sendo nove do gênero masculino e sete do feminino, matriculados em Cursos de Engenharia - Química (5), Produção (4), Mecânica, Elétrica (2) e Civil (5) -, oriundos de diferentes municípios do Vale do Taquari e Serra do Rio Grande do Sul. Como a disciplina foi a primeira de Física do currículo das engenharias, também o contato dos estudantes com o tema no nível superior foi incipiente. De maneira geral, eles apresentavam um bom desempenho na disciplina, embora algumas dificuldades de interpretação na resolução de problemas, uma situação recorrente pelo fato de precisarem dominar conceitos e aprenderem a linguagem da física.

A disciplina de Física I, para os Cursos de Engenharia, tem como ementa o estudo dos conceitos e princípios físicos fundamentais da mecânica. Essa disciplina pretende desenvolver as seguintes habilidades: interpretação de diferentes formas de representação gráfica; desenvolvimento de produções escritas, em forma de textos científicos, relatórios e resumos; desenvolvimento da autonomia e da comunicação; desenvolvimento de atitudes adequadas ao trabalho em equipe; desenvolvimento do raciocínio lógico, crítico e analítico; utilização de instrumentos de laboratório para realização de experimentos. Como objetivos definidos, o intuito é se apropriar de conceitos, princípios e teorias relacionados à Mecânica Clássica e a Ondas Mecânicas; representar situações-problema concretas na linguagem textual e simbólica da Física, utilizando os conceitos e modelos teóricos na descrição, explicação e compreensão das diferentes aplicações tecnológicas e fenômenos

¹¹ Vídeo disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=qSeW0f51QzY&ab_channel=Ci%C3%AanciaTube

naturais relacionados às temáticas estudadas no componente curricular (PLANOS DE AULA, Física I, 2019/B).

As atividades desenvolvidas para este estudo foram todas realizadas em duplas ou trios - a escolha dos componentes coube aos alunos -, no laboratório de Física da Universidade por este oferecer um espaço adequado, com mesas maiores, o que contribuiu para a organização e a conversa entre os integrantes do grupo. Cada um deste recebeu o roteiro-guia impresso, o material experimental e dois *Chromebooks*. Durante a atividade, a função da professora/pesquisadora foi apenas orientar possíveis dúvidas, já que o roteiro tinha o intuito de ser autoexplicativo. A leitura, a interpretação e a discussão com os colegas fizeram parte do processo metacognitivo que se investigou, por isso a influência da professora/pesquisadora deveria ser reduzida.

Quanto às atividades desenvolvidas com os referidos alunos, elas podem ser consultadas nos apêndices desta Tese. A primeira (APÊNDICE 2) focou o tema *Queda livre*; a segunda (APÊNDICE 3) envolveu forças de atrito e determinação de seus coeficientes; a terceira explorou o período e a frequência do movimento harmônico simples de um pêndulo (APÊNDICE 4). Os temas foram escolhidos por contemplarem três momentos distintos do semestre; um inicial, outro intermediário e um terceiro ao final da disciplina.

No próximo capítulo, encontram-se a análise e a discussão dos resultados emergentes das práticas efetivadas, que foram organizadas em quatro categorias.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

O presente capítulo tem o propósito de apresentar e discutir os resultados emergentes do teste-piloto aplicado no primeiro semestre de 2019, bem como os da prática pedagógica desenvolvida no segundo semestre de 2019. Destaca-se que, dos dados oriundos da prática pedagógica, foram elaboradas três categorias *a priori* e de acordo com cada objetivo específico proposto, que estão contempladas nas seções 4.2.1 a 4.2.3 deste capítulo.

Assim, a primeira seção, intitulada “Resultados do teste-piloto - primeiro semestre de 2019”, teve como objetivo mostrar os resultados desse teste e sua relevância para as intervenções desenvolvidas posteriormente. Já a segunda, nomeada “Resultados da prática pedagógica – segundo semestre de 2019”, apresenta a análise dos dados coletados e foi subdividida em três subseções, as quais representam as categorias *a priori*.

Na subseção 4.2.1, intitulada “Elementos metacognitivos e o envolvimento dos sujeitos”, foram analisados indícios de pensamento metacognitivo com base nos elementos pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação. Esta atendeu ao objetivo específico desta Tese: analisar a tomada de consciência metacognitiva com base nos elementos pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação.

A subseção 4.2.2, nomeada “Características dos roteiros como guias do pensamento metacognitivo”, está relacionada ao objetivo específico: elaborar e desenvolver roteiros-guia, envolvendo o uso de atividades experimentais ou simulação computacional, para resolver situações-problema, explorando conceitos da

física que permitam fomentar o pensamento metacognitivo dos alunos de Engenharia. O intuito foi apresentar características e potencialidades de roteiros que abrangessem metacognição, atividades experimentais e simulações computacionais.

A seção 4.2.3, denominada “Uso de recursos para evocação do pensamento metacognitivo”, representa a categoria que teve como objetivo o uso de diferentes recursos pode evocar o pensamento metacognitivo. Dessa forma, está relacionada ao objetivo específico da Tese que é explorar como o uso de diferentes recursos podem evocar o pensamento metacognitivo.

4.1 Resultados do teste-piloto – primeiro semestre de 2019

Nesta seção, são discutidos os resultados do teste-piloto, sua análise e relação às inferências às intervenções didáticas que foram aplicadas na sequência. Pela análise dos dados coletados no decorrer da exploração do roteiro-guia, pode-se inferir que o teste-piloto apontou a necessidade de mudanças na forma de escrita em uma das questões, visando melhorar o entendimento da tarefa proposta, o que foi ajustado e se encontra no Apêndice 2. Os ajustes também ocorreram na questão “b” conforme exposto no Quadro 8.

Quadro 8 - Alterações do roteiro do teste-piloto para a primeira intervenção

Teste-piloto	Primeira Intervenção
É possível prever com que velocidade a esfera de ferro chega ao solo <u>sem realizar a prática experimental? Se sim, como isso poderia ser feito?</u> Qual seria o valor dessa velocidade? Descrevam como vocês pensaram para chegar a este resultado.	É possível prever com que velocidade a esfera de ferro chega ao solo? Qual seria o valor dessa velocidade? Descrevam como vocês pensaram para chegar a esse resultado.

Fonte: da autora (2021).

No Quadro 8, verifica-se que foram ajustadas apenas duas inferências. Uma delas foi a exclusão de uma parte no final da primeira pergunta, pois, no primeiro questionamento, ela se restringia à não realização da prática experimental; porém, outros recursos poderiam ser utilizados. Diante disso, optou-se pela questão aberta, isto é, aceitar qualquer forma de raciocínio. Já a segunda foi a retirada da segunda pergunta, que se complementou com a última quando os alunos foram solicitados a descreverem como pensaram para chegar ao resultado. Salienta-se que o roteiro que foi validado no teste-piloto foi utilizado na primeira intervenção didática sobre queda livre.

No tocante aos recursos, eles foram escolhidos das mais diversas formas. No que se refere à tecnologia, doze dos quatorze grupos fizeram uso do *Chromebook* para acessar os *links* sugeridos. Essa ação pode estar associada ao fato de os alunos terem um contato mais próximo com a tecnologia, afinal elas estão presentes em nosso meio, seja pelo computador ou *smartphone*, diferente da experimentação que, muitas vezes, o discente conclui o Ensino Médio sem nunca ter tido contato com uma atividade experimental (GONÇALVES; GALIAZZI, 2004).

No que tange à parte experimental com a esfera, esta foi usada apenas por quatro dos quatorze grupos. Eles reproduziram o experimento de forma adaptada à altura sugerida, pois, na atividade proposta, a altura era de trinta metros, e os grupos optaram por alturas menores. Duas das quatro equipes foram até a área externa da Universidade em busca de locais com alturas próximas a trinta metros, aproximando-se do que foi proposto no desafio.

Alguns grupos decidiram resolver a situação-problema apenas consultando os links; outros acessaram *sites* diversos como suporte. Essa diversidade pode ter relação com a forma de pensamento metacognitivo que construiriam para resolver o desafio. Alunos que acessam mais recursos poderiam apresentar um pensamento metacognitivo mais complexo dos que utilizam apenas um (recurso), por exemplo? Esse questionamento, que emergiu do teste-piloto, apontou mais uma possibilidade de investigação, que, na análise de dados da prática pedagógica, foi levada em consideração.

No tocante à escolha dos recursos utilizados, os grupos destacaram as simulações como algo positivo para a resolução do desafio proposto. Para a maioria, o uso foi essencial para o entendimento dos conceitos envolvidos na situação-problema conforme se pode observar pelas respostas: *A simulação e observação auxiliou muito para o aprendizado (PE3). Nos baseamos nos exemplos dados, nos simuladores e nas opiniões diferentes (PE39).*

Esses relatos corroboram a ideia de Dutra (2017) de que as simulações podem ser aliadas, pois admitem situações de troca mais significativas entre os alunos por possuírem um viés interativo, além de auxiliarem no entendimento de movimentos que simulam situações reais. Já Nogueira *et al.* (2000) afirmam que as situações computacionais colaboram para os processos de ensino e aprendizagem de conceitos físicos, de forma a oportunizar aos educandos a construção de seus saberes a partir da análise das etapas das simulações realizadas. Por sua vez, Tavares (2003) declara

ser possível usar as animações computacionais para representar fenômenos muito próximos de um (fenômeno) físico, facilitando a compreensão dos estudantes. Ou ainda, pelo fato de viabilizar a inclusão de vários elementos, como gráficos e simulações, em um mesmo ambiente (YAMAMOTO; BARBETA, 2001).

Porém, para alguns alunos, o mais relevante não foi a tecnologia, mas sim o trabalho em grupo, pois, ao trocarem ideias e expô-las aos colegas, tiveram de refletir e repensar sobre suas concepções em relação ao tema analisado como pode ser observado pelos excertos:

As estratégias utilizadas foram a discussão entre o grupo dos conceitos que seriam utilizados para cada pergunta. Acredito que essa é uma boa estratégia, a ser discutida a cada situação e poderia ser posta em prática em outra situação semelhante (PE6).

Discutimos o assunto, e planejamos como realizar a atividade, pesquisamos e imaginamos, assim fomos respondendo, não tivemos mudanças de planos (PE26).

É produtivo salientar que as discussões em grupo, como uma estratégia de resolução da situação-problema, surgiram no momento em que dois grupos resolveram as questões sem utilizar os recursos disponíveis (experimental e computacional). Em efeito, eles expuseram suas ideias aos colegas de grupo e apresentaram argumentos coerentes com o resultado esperado até chegarem a um acordo. Esse comportamento, segundo Rosa (2014), é um indício de pensamento metacognitivo presente nos elementos metacognitivos, estratégia e monitoração. Para a autora, quando o sujeito busca, em seus conhecimentos, elementos cognitivos para realizar a tarefa, ele está resgatando informações e planejando como irá resolver o problema (estratégia). Além disso, ao discutir suas ideias com o colega, estará confrontando suas hipóteses e conhecimentos, o que pode ativar seu pensamento metacognitivo de monitoração e indicar se está no caminho certo ou se terá que elaborar uma nova estratégia.

Ainda em relação às estratégias que os alunos utilizaram para solucionar a situação-problema, foi possível perceber indícios de pensamento metacognitivo pela forma como resolveram a atividade e as mudanças que tiveram de traçar no decorrer da sua resolução. Conforme PE21, a mudança ocorreu quando resolveram por meio de cálculo. *Sim, houve mudanças quando resolvemos calcular, daí achamos um resultado melhor (PE21).* Ou, ao realizar o experimento e discuti-lo com os colegas de grupo, como é relatado pelo aluno PE 14: *Sim, pois fazer as experiências ajudou a*

resolver as questões e o debate ajudou na compreensão e a dar credibilidade nas informações que obtivemos.

No Quadro 9, estão transcritas algumas respostas relativas a perguntas metacognitivas apresentadas pelos sujeitos da pesquisa do teste-piloto conforme o elemento metacognitivo que representam.

Quadro 9 - Respostas dadas para cada elemento metacognitivo.

Conhecimento do conhecimento	Pessoa	<i>Breve lembrança do aprendizado no ensino médio (PE5). Acredito que o meu conhecimento, juntamente com o grupo, foi o suficiente para resolvermos os problemas (PE7). Eu tinha conhecimentos básicos e também alguns conceitos do ensino médio (PE13).</i>
	Tarefa	<i>A equação de MRUV e Torricelli, também o conhecimento de que um corpo em queda livre, não se leva em consideração a resistência do ar (PE8). Equação de Torricelli para encontrar a velocidade (PE12).</i>
	Estratégia	<i>As estratégias utilizadas foram a discussão entre o grupo dos conceitos que seriam utilizados para cada pergunta (PE6). Usamos bastante debate de lógica sobre as situações-problema e fizemos experiências para "visualizar" melhor os resultados conseguidos e comparar as ideias (PE14).</i>
Controle executivo e autorregulador	Planificação	<i>Planejamos através de roda de debate e cálculos (PE16). Pesquisar formas de resolver através de fórmulas e cálculos sobre queda livre (PE22). Nos baseamos nos exemplos dados, nos simuladores e nas opiniões diferentes (PE39).</i>
	Monitoramento	<i>Houve sim muitas mudanças com o decorrer do tempo, porque visualizamos vídeos e experimentos práticos sobre os problemas propostos, levando a pensarmos melhor seus conceitos (PE16). Sim, houve mudanças quando resolvemos calcular, daí achamos um resultado melhor (PE21). Discutimos o assunto e planejamos como realizar a atividade, pesquisamos e imaginamos, assim fomos respondendo, não tivemos mudanças de planos (PE26).</i>
	Avaliação	<i>A simulação e observação auxiliou muito para o aprendizado (PE3). Sim, pois fazer as experiências ajudou a resolver as questões, e o debate ajudou na compreensão e a dar credibilidade nas informações que obtivemos (PE14). Acredito que essa é uma boa estratégia, a ser discutida a cada situação e poderia ser posta em prática em outra situação semelhante (PE6).</i>

Fonte: da autora (2019).

As ações e manifestações metacognitivas sugeridas no Quadro 6 auxiliaram na identificação e organização de dados apresentados no Quadro 9. Ademais, a observação visual das ações também foi relevante, visto que muitas manifestações metacognitivas não puderam ser escritas. Estas são ações, como o ato de ler para si ou para seus colegas (pessoa), questionar ou discutir com o professor ou colega de grupo (tarefa), organizar o grupo (planificação), discutir com os colegas os resultados (avaliação), entre outros. Pela análise do Quadro 9, percebe-se que há inferências a

todos os elementos metacognitivos, em diferentes momentos e sujeitos, durante a exploração da situação-problema, o que evidencia que a intervenção realizada teve potencial para evocar o pensamento metacognitivo.

Ainda no que se refere à análise do teste-piloto, ele foi essencial para o planejamento da prática pedagógica e elaboração dos roteiros-guia, que foram utilizados em cada uma das três intervenções aplicadas no segundo semestre de 2019. Uma das contribuições na primeira intervenção (APÊNDICE 2), que trabalhou com o tema *Queda livre*, foi a escolha por um roteiro mais “aberto”, ou seja, os alunos recebiam por escrito a situação-problema e precisavam chegar a uma conclusão, tendo a liberdade de escolher o recurso que utilizariam para isso caso julgassem necessário. Essa forma de roteiro foi adotada no piloto, repetida na primeira intervenção e embasada em Flavell, Miller e Miller (1999). A leitura dos textos desses autores ensina que compreender a capacidade do sujeito de recorrer aos seus pensamentos metacognitivos está vinculada ao desenvolvimento cognitivo. Ou seja, depois que o indivíduo adquiriu determinadas aprendizagens escolares, pode dominar certas tarefas, o que vai lhe conferir maiores e mais significativas experiências metacognitivas, despertando-lhe a consciência de suas dificuldades e os canais de superação. No caso dos sujeitos deste estudo, todos já haviam estudado o conteúdo abordado na primeira intervenção na Educação Básica. Essa situação também foi observada no teste-piloto.

Os referidos autores também comentam que alunos mais velhos utilizam, com certa frequência, recursos de pensamento metacognitivo, como o automonitoramento. Como exemplo, pode-se citar a exclamação que fazem ao receberem uma nota baixa inesperada em uma avaliação. “Mas eu estava tão confiante que conhecia o conteúdo”! Esse comentário remete ao automonitoramento (reflexivo) e autorregulado, características fundamentais do pensamento metacognitivo (ROSA, 2011), comportamento que também é comum em turmas de Graduação, visto que não são mais adolescentes.

Na segunda intervenção (APÊNDICE 3), com o tema atrito, a escolha foi por um roteiro mais diretivo, que orientou os alunos a escolherem o roteiro para solucionar a situação-problema proposta, inclusive qual utilizar primeiro: o experimental seguido do virtual. A opção por esse tipo ocorreu porque, durante a aplicação do teste-piloto sobre queda livre, houve grupos que não utilizaram nenhum dos recursos disponíveis para a resolução da situação-problema. E como também era uma análise que se

desejava fazer, decidiu-se elaborar um roteiro em que os sujeitos da pesquisa precisariam utilizar, obrigatoriamente, ambos os recursos - experimental e virtual - para resolver a situação-problema proposta. Além disso, permite investigar como os elementos metacognitivos se manifestam quando se trabalha com roteiros mais diretivos.

Outro aspecto que justificou a mudança por um roteiro mais diretivo foi baseado em Rosa (2001). A autora enfatiza que, no Ensino Médio, há necessidade de se trabalhar, inicialmente, com roteiros mais diretivos, em que os alunos são orientados pelo professor e, aos poucos, vão se tornando mais extrovertidos. Embora o público desta pesquisa seja do Ensino Superior, envolve a primeira Física da Graduação, ou seja, eles ainda não se desprenderam totalmente do Ensino Médio e ainda carregavam heranças desse período, podendo interferir em seu comportamento e modos de pensar e agir.

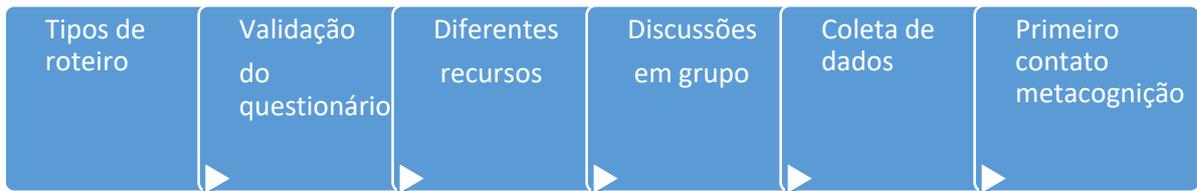
Na terceira intervenção (APÊNDICE 4), na qual se trabalhou o tema período e frequência do pêndulo simples, a opção foi por um roteiro aberto, semelhante ao primeiro, concedendo novamente ao aluno a liberdade de escolher o recurso que pretendia utilizar. Essa decisão está fundamentada na ideia de que, por se tratar da terceira intervenção, acreditava-se que os sujeitos já teriam certo grau de pensamento metacognitivo desenvolvido, visto que já haviam vivenciado dois momentos na disciplina.

Ainda sobre o teste-piloto, um aspecto referente à observação se deveu ao fato de a turma ser composta de quarenta e sete alunos e detalhes poderiam passar despercebidos. Por isso, a gravação na íntegra foi essencial para analisar o que aconteceu em cada um dos grupos. Outra questão foi a forma de coleta de dados, pois não era possível fazer os mesmos questionamentos metacognitivos nas três intervenções, pois, talvez, as respostas seriam automáticas, o que não favorece uma investigação. Então, com base nesse teste-piloto, elaboraram-se outras estratégias de questionamentos metacognitivos, tais como a forma oral e perguntas similares que conduzissem à mesma ideia nas três intervenções.

Em relação ao aspecto metacognitivo, cabe reiterar que o teste-piloto foi aplicado em uma turma com uma quantidade expressiva de sujeitos (47 estudantes), o que dificultou a observação de ações e manifestações metacognitivas, visto que estas exigem um olhar atento do observador. Para Lüdke (1986), uma observação controlada e sistemática se torna um instrumento fidedigno de investigação científica.

Ela se concretiza com um planejamento correto do trabalho e preparação prévia do pesquisador/observador. Por isso, a aplicação da intervenção pedagógica ocorreu com um grupo menor, dezesseis alunos, além de contar com o apoio de uma observadora externa, uma bolsista. Em síntese, na Figura 3, são apresentadas as principais contribuições do teste-piloto.

Figura 3 - Contribuições do teste-piloto para a pesquisa.



Fonte: da autora (2021).

Neste momento, convém informar que o teste-piloto foi o primeiro contato que a professora/pesquisadora teve em sala de aula com atividades que envolvem a metacognição. O desafio foi enorme, pois ela nunca havia trabalhado com atividades metacognitivas, o que a deixou tensa e na expectativa de que tudo ocorresse conforme o planejado. Além disso, ser professora e pesquisadora ao mesmo tempo e lecionar para uma turma tão numerosa foi muito difícil (MACIEL; SHIGUNOV NETO, 2017). Em vários momentos, em que desempenhava o papel de pesquisadora, era solicitada, por algum aluno, para solucionar uma demanda de professora. Acredita-se que esse foi o maior desafio, aliado ao fato de ainda estar aprendendo, pois metacognição foi um tema novo, conhecido durante o Curso de Doutorado.

4.2 Resultados da prática pedagógica – segundo semestre de 2019

Nesta seção, descreve-se a análise dos dados oriundos da prática realizada no segundo semestre de 2019. Para isso, foram elaboradas três categorias *a priori*, de acordo com cada objetivo específico proposto, as quais estão contempladas nas seções 4.2.1 a 4.2.3 deste capítulo.

4.2.1 Elementos metacognitivos e o envolvimento dos sujeitos

Os questionamentos metacognitivos realizados no decorrer das atividades dos três roteiros-guia foram embasados nos seis elementos metacognitivos: pessoa,

tarefa, estratégia (FLAVELL, 1979), planificação, monitoração e avaliação (BROWN, 1978), tomando como referência as ações e manifestações identificadas em cada atividade, conforme destacado no Quadro 6, no capítulo dos Procedimentos Metodológicos. Assim, nesta categoria, a análise e a discussão dos dados emergentes foram efetivadas de acordo com os referidos elementos metacognitivos. Por se tratar de uma interpretação de caráter subjetivo, alguns elementos são de difícil identificação e distinção entre si, como é o caso da estratégia e planificação. Por isso, há excertos que poderiam ser classificados em outros elementos, mas a escolha foi consoante à interpretação da autora, baseada nas leituras citadas no referencial teórico deste trabalho e em discussões realizadas entre a pesquisadora e seus orientadores. Nesta seção, também são apontados balizadores que nortearam a análise em cada um dos elementos metacognitivos. Esses balizadores foram adaptados no Quadro 6, na coluna que aponta as ações e comportamentos observáveis de acordo com Rosa (2011).

a) Elemento metacognitivo pessoa:

O elemento **pessoa** identifica, na estrutura de pensamento dos alunos, seus conhecimentos e sentimentos em relação à situação-problema exposta, suas convicções, o que possibilita trazer à tona seus saberes e sentimentos, além de confrontá-los com os dos colegas, permitindo a identificação de limitações ou facilidades sobre o tema em questão. Tal elemento está relacionado à identificação, por parte dos estudantes, das características pessoais, por meio das quais eles reconhecem suas convicções sobre si mesmos e colegas. Para a aprendizagem, ele (o elemento) representa o que o sujeito é capaz de indicar o que já sabe acerca daquela situação.

Para Rosa (2011), essas características podem ser identificadas no seu comportamento por meio de questões, como: identificação do conteúdo em estudos com conhecimentos anteriores; organização de suas ações pelas suas características pessoais e de seus colegas; avaliação de seus conhecimentos; respeito e avaliação da opinião dos colegas; discurso de hipótese; interesse em resolver a tarefa. Diante desse contexto, os balizadores utilizados para a análise do elemento metacognitivo pessoa foram os seguintes:

- Apresentar consciência do objetivo a ser atingido e de que conhecimento precisa para respondê-lo.

- Reconhecer o conteúdo ou parte dele e relacioná-lo com aprendizagens anteriores.
- Estar motivado para realizar a atividade, fazendo inferências sobre os conhecimentos em estudo e o modo de desenvolvê-la.
- Participar da formulação de hipóteses, retomando seus conhecimentos e confrontá-los com as colocações de seus colegas.
- Avaliar seus conhecimentos seus necessários para realizar a atividade.

Ao analisar os dados, pode-se inferir que, nas três intervenções realizadas, evidenciou-se o elemento metacognitivo pessoa quando os sujeitos buscaram identificar, em suas estruturas de pensamento, aquilo que já sabiam a respeito do conteúdo como é apresentado nos seguintes excertos:

Tinha o conhecimento de que queda livre geralmente despreza a resistência do ar e, assim, não importa o tamanho ou peso de um objeto, se ele cair juntamente com outro objeto, de uma certa altura, em queda livre, os dois atingirão o solo ao mesmo tempo e com mesma velocidade (Q1 E11).

Conhecíamos a existência de forças diversas, mas não sabíamos características de forma específica (Q2 E9, Q2 E12).

A frequência é o número de oscilações realizadas por um oscilador, uma unidade de tempo (A3 E7).

Com o aumento do tamanho do pêndulo, o período aumenta, mas a frequência diminui (Q3 E14.)

Esses excertos comprovam que o elemento pessoa esteve presente quando os alunos conseguiram identificar o tema da atividade com conhecimentos que já possuíam e também convergiam com o balizador “Apresentar consciência do objetivo a ser atingido e de que conhecimento precisa para respondê-lo”. Essa característica se evidenciou na primeira intervenção sobre a queda dos corpos, conceito corriqueiro do dia a dia, o que pode ter favorecido o reconhecimento desse conteúdo com conhecimentos já consolidados na trajetória escolar, como foi observado pelo sujeito Q1 E2: *Conhecimentos baseados apenas em observação de fatos cotidianos*. Já na segunda, sobre atrito, denotou-se que este foi um tema marcante para os sujeitos da pesquisa no Ensino Médio, pois, dos dezesseis participantes, dez fizeram um apontamento semelhante ao aluno Q2 E3: *Tínhamos uma base do Ensino Médio, muito básico e pouco aprofundado*. Complementam-se essas ideias nestes excertos:

Tinha alguma coisa do ensino médio, não tão aprofundado e tinha uma visão um pouco diferente (Q2 E16).

Eu vi qualquer coisa no ensino médio (...) a base é do ensino médio e eu não lembrava nada, praticamente nada (Q2 E11).

Noções básicas das aulas de ensino médio (Q2 E7)

Os três depoimentos acima convergem com os balizadores de “Reconhecer o conteúdo ou parte dele e o relacionar com aprendizagens anteriores” e “Avaliar seus conhecimentos em função dos necessários para realizar a atividade”. Neles, os alunos relembram o conteúdo e avaliam seus conhecimentos quando reconhecem que não foi “tão aprofundado” ou que foram “noções básicas”, o que evidencia características metacognitivas do elemento pessoa. Essa é uma característica desse elemento; é o momento em que o sujeito, diante da atividade, identifica suas crenças, mitos e conhecimentos, assim como suas características com as do outro, e faz um *feedback* da estrutura interna de seu pensamento (ROSA, 2011).

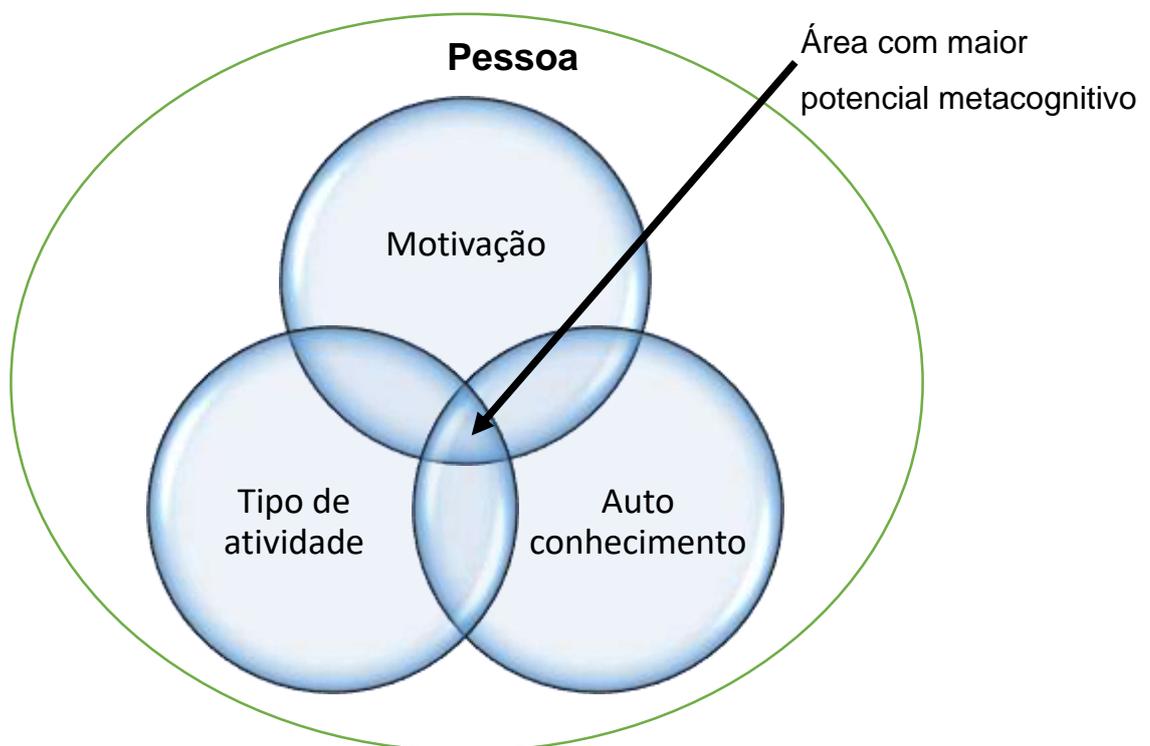
Além disso, a observação da professora/pesquisadora e os registros no seu diário de campo evidenciam que os grupos tinham interesse em resolver a tarefa, pois logo a iniciaram. *Após a entrega dos roteiros impressos aos grupos, iniciaram a tarefa imediatamente e demonstraram interesse em realizá-la, pois estavam concentrados na atividade (DP)*. Por seu lado, a bolsista observou que *alguns alunos, mesmo estando no horário do intervalo, não pararam de fazer as atividades, estavam empolgados (DB)*. Essas duas observações convergem com o balizador de “Estar motivado para realizar a atividade, fazendo inferências sobre os conhecimentos em estudo e o modo de realizar a atividade”.

O balizador “Participação da formulação de hipóteses, retomando seus conhecimentos e confrontando-os com as colocações de seus colegas”, está explícito na declaração de E6, na terceira intervenção sobre pêndulo simples. O aluno, além de relacionar o conteúdo com conhecimentos anteriores, organizou a ação no momento em que afirmou que todos do grupo concordaram que o período está relacionado ao comprimento do fio [...] *tá a gente concorda que para período é somente o comprimento e a gravidade, é para frequência (Q3 E6)*.

Na análise desse elemento, constata-se que as atividades foram facilmente reconhecidas pelos alunos em sua estrutura cognitiva seja por experiências já vivenciadas na disciplina ou durante o Ensino Médio. Segundo Rosa (2014), o reconhecimento do elemento pessoa, diante de uma situação-problema, é um fator motivacional para o estudante, pois favorece a retomada de saberes que, talvez, serão utilizados na situação. Tal reconhecimento pode ser no sentido de perceber a presença de dificuldades pelo fato de a atividade parecer complexa, ou de facilidades, por conseguir estruturar em seu pensamento um caminho para a resolução.

Rosa (2011), amparada em Flavell, alude que o fato de estar motivado ou não é determinante para que o discente inicie o processo de tomada de consciência sobre seus conhecimentos. Essa motivação se encontra relacionada tanto ao tema em estudo como à natureza da atividade a ser realizada. Nesse aspecto, destaca-se a importância de o professor propor atividades e momentos para que os alunos consigam identificar seus conhecimentos prévios e características pessoais. Uma síntese dos resultados referentes ao elemento pessoa foi organizada na Figura 4.

Figura 4 - Síntese dos resultados do elemento Pessoa



Fonte: da autora (2021).

Na Figura 4, a intersecção dos círculos representa a área com maior potencial metacognitivo, ou seja, quando estes três fatores (motivação, tipo de atividade e autoconhecimento) estão presentes concomitantemente aumenta-se o potencial metacognitivo na situação proposta. Observa-se pela figura¹², que, para a evocação do elemento pessoa, o papel do professor é essencial, pois é quem propõe a atividade. Pelos balizadores, o aluno precisa ter consciência do objetivo a ser atingido e de quais conhecimentos precisa para respondê-lo, além de conseguir relacionar o conteúdo com aprendizagens anteriores, o que remete ao nível de complexidade da atividade.

¹² Nos demais elementos deste capítulo foi utilizada a mesma figura com os fatores correspondentes de cada elemento.

Outro balizador é a motivação, e essa complexidade pode representar um incentivo ou não; se for algo muito distante do que o estudante conhece, ela não será a mesma de quando a tarefa lhe proporciona lembranças de alguma coisa que já fez ou sabe, o que se relaciona diretamente à forma de como abordar o tema, refletindo na sua participação e discussão na resolução do problema com seus colegas.

b) Elemento metacognitivo tarefa

O elemento **tarefa** representa a identificação das exigências da atividade a ser realizada e aproxima a ação a ser executada do conhecimento nela envolvido. Para a aprendizagem, algumas tarefas podem ser mais fáceis do que outras, isso depende da atividade e do assunto que nela está sendo tratado. Neste elemento, os alunos têm a oportunidade de refletir e estabelecer comparações entre ações que exigem níveis diferentes de cobrança, além de verificar e superar possíveis dificuldades. Aliado a isso, vincula o elemento tarefa à identificação do aluno com o tipo de atividade que será desenvolvida, ou com as informações necessárias para realizá-la.

Os balizadores utilizados do elemento metacognitivo tarefa foram:

- Compreender os enunciados e saber estabelecer o que é necessário para resolver¹³.
- Estabelecer comparações entre ações envolvidas na atividade e outras já realizadas.

Quanto à compreensão dos enunciados e saber o que é necessário para resolvê-los, enfatiza-se que ambos não ficaram perceptíveis nos questionamentos escritos, tampouco explícitos nos áudios, mas sim no decorrer das atividades pelas observações da pesquisadora. Esse elemento faz parte do primeiro grupo, que pertence ao conhecimento do conhecimento, considerado da ordem de pensamento e, portanto, complexo de ser acessado conforme definido por Flavell (1979). Entretanto, pelas observações da professora/pesquisadora e registro em seu diário de campo, pode-se destacar que: *“Todos os grupos buscaram um caminho para resolução. Em alguns momentos poderiam não estar no caminho certo, porém entre os membros do próprio grupo, conseguiram mudar ou adaptar o caminho que haviam escolhido”* (DP).

Outro aspecto do elemento tarefa é seu grau de dificuldade. Para Rosa (2014), o sujeito, ao se deparar diante de uma delas, recorre a seus pensamentos e verifica o

¹³ Este balizador foi inserido, mas não está no Quadro 6. Entende-se a necessidade de apresentá-lo, pois para o ensino de Física a compreensão do enunciado é fundamental para a realização da tarefa.

grau de dificuldade que ela apresenta, percebendo-se capaz de realizá-la ou desmotivado para efetivá-la. Ao verificar que já efetuou algo semelhante, sente-se estimulado, por isso a importância de as atividades propostas pelo professor não serem demasiadamente distantes da capacidade dos alunos. Para Flavell (1976), o reconhecimento da tarefa a ser executada e dos requisitos necessários para realizá-la pertence à tomada de consciência do discente sobre seus conhecimentos. Essa identificação o habilita a buscar relações com o já feito em ações passadas, procurando relacionar os elementos pertinentes entre as atividades conforme expresso nos depoimentos a seguir:

Baseou-se em todas as questões vistas anteriormente em aula e se fez uma comparação, tentando entender qual era o conceito e o que era necessário aplicar (Q1 E1).

Conhecimento básico adquirido durante o ensino médio. Eles ajudaram a ter uma noção sobre o que tinha que ser feito e ajudaram em muitas das tarefas (Q1 E8).

Sim, entendemos a tarefa. Ela nos lembra a atividade realizada em aula sobre a Lei de Hooke, em que tínhamos que achar os valores de k para as diferentes elongações da mola (Q2 E10, Q2 E13).

Eu acho que a gente tem que entender a fórmula para poder saber (A3 E2).

Pelos fragmentos, observa-se que o balizador “Estabelecer comparações entre ações envolvidas na atividade e outras já realizadas” foi contemplado pelos alunos citados. Para Rosa (2011), essa identificação pode favorecer a compreensão do sujeito para novas aprendizagens. Estas, quando não ocorre a identificação com as atividades já realizadas, tendem a ser prejudicadas, pois se apoiam no resgate das anteriores, o que se refere tanto aos conhecimentos envolvidos na atividade como aos procedimentos a elas inerentes. Dessa forma, de acordo com Rosa (2011), o elemento metacognitivo tarefa contribui para que a retomada de pré-requisitos seja efetivada pelos alunos, demonstrando que as experiências pessoais obtidas no passado não podem ser esquecidas; ao contrário, precisam ser ativadas para subsidiar as próximas. Sendo assim, nesse elemento, pelos dados coletados, evidenciou-se que, nas três atividades, os alunos se lembraram de outra semelhante, já realizada na disciplina conforme estes depoimentos:

Conforme a gente viu né, tu lembra do exemplo do helicóptero do link? (A1 E7).

A gente identifica ela com a última, a que a gente fez na última aula (...) calcular o coeficiente de atrito (A2 E16).

No resumo, tinha lá uma equação, deixa eu achar, a do pêndulo ela tinha uma letra, parece um E ou L (A3 E16).

A relação com outras atividades e o conhecimento pessoal de um determinado tema também remetem ao reconhecimento dos níveis de dificuldades, pois: *Temos facilidade para realizar esta tarefa, pois o simulador a torna mais acessível (A2 E10, A2 E13)* e *Com o conhecimento prévio do simulador, parece ser mais fácil a realização da tarefa (A2 E1, A2 E7)*. O uso de simulação favorece a compreensão do fenômeno pelo aluno, segundo Medeiros e Medeiros (2002), pelo fato de as atividades computacionais fornecerem múltiplas representações simultâneas, como um gráfico e uma tabela ao mesmo tempo em que se observa o fenômeno de forma dinâmica. Outra vantagem é a possibilidade de alterar o valor das variáveis, permitindo o teste de diversas hipóteses, como relatado pelo aluno A3 E7: *Com a utilização do simulador, testando várias ideias* quando resolveu uma das atividades na intervenção 3 sobre pêndulo simples. Portanto, no elemento tarefa, confirmou-se que a lembrança de já ter realizado algo semelhante pode facilitar a resolução de uma nova tarefa:

As estratégias foram baseadas na comparação de situações similares (A1 E2).

A gente entende e que a gente usou o simulador, foi usado em outras aulas né? A professora já mostrou, por isso já tinha uma noção de como funcionava (A2 E3).

Salienta-se que, das três intervenções aplicadas, a segunda foi a mais lembrada pelos sujeitos da pesquisa com outra situação semelhante já desenvolvida na disciplina:

Entendemos a tarefa e a identificamos como a realizada em uma das aulas. (Q2 E3, Q2 E16).

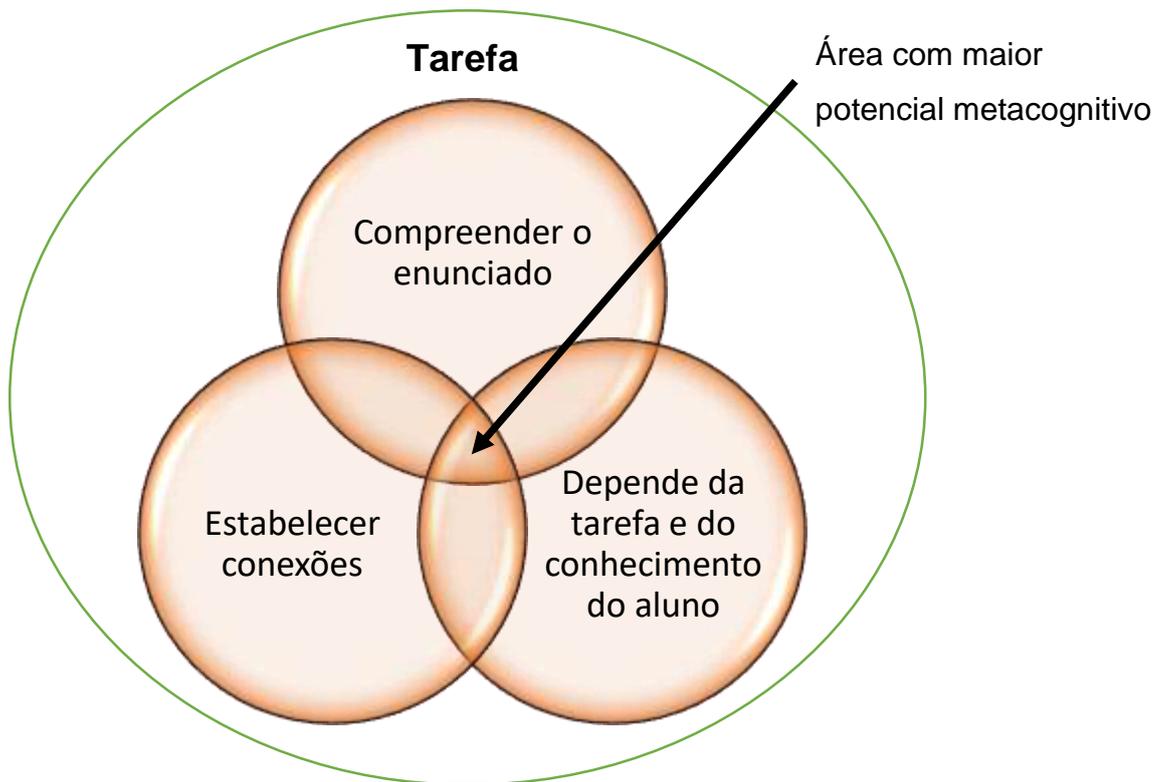
Lembra que com a borracha tipo, pra ele começar a andar era maior né? Tinha que ter mais força (A2 E4).

As estratégias foram baseadas na comparação de situações similares (Q2 E2).

Essas situações similares podem estar associadas a outros momentos na disciplina, em que foi utilizado o simulador do *Phet* para a construção e discussão de conceitos, como força ou para simular o movimento de projéteis, lembrado pelos alunos: *Ela se assemelha com a prática realizada no dia 27/09/2019 (A2 E2, A2 E6, A2 E9, A2 E12)*. Nessa data, exploraram-se situações-problema que envolveram movimento de projéteis com o simulador *Phet*, em que foram alterados parâmetros, como altura de lançamento, ângulo de inclinação em relação ao solo e força aplicada ao lançamento. De fato, *Ela nos lembra a atividade realizada em aula sobre a Lei de Hooke [...] (Q2 E10, Q2 E13)*. Nessa aula, foram utilizados tanto o material prático como o simulador do *Phet* para estabelecer a constante elástica de uma mola e discutir a Lei de Hooke.

Ao finalizar o elemento tarefa, é importante informar que as situações-problema propostas não apresentaram dificuldades em suas resoluções. Por meio delas, os alunos conseguiram fazer conexões, refletir e estabelecer comparações com outras atividades que já haviam sido realizadas na disciplina, além de reconhecerem características pessoais diante das necessárias para a resolução da situação-problema. A Figura 5 representa essas inferências.

Figura 5 - Síntese dos resultados do elemento Tarefa.



Fonte: da autora (2021).

Sintetizando, pode-se inferir que o elemento tarefa, para ser evocado, depende do quanto o aluno precisa fazer conexões com o que está sendo proposto e do que ele já sabe sobre o assunto. Como consequência, ele compreenderá ou não o enunciado, o que reflete um resultado coerente ou não da tarefa. Ao mesmo tempo, cabe ao professor propor uma atividade que favoreça essa relação, como por exemplo, ao apresentá-la, utilizar situações do dia a dia.

c) Elemento metacognitivo estratégia:

O elemento **estratégia** representa o momento de identificar como, quando e por que aplicar determinada estratégia para atingir o objetivo traçado. É a ocasião em que o aluno busca, em seus conhecimentos, elementos cognitivos e metacognitivos

necessários à realização da tarefa. Para a aprendizagem, o citado elemento é relevante, pois retrata o momento em que o aluno precisa recuperar informações e traçar planos a partir de suas facilidades ou dificuldades tanto no que se refere aos conteúdos como à sua operacionalização. Esta etapa revela um momento significativo de pensamento metacognitivo, o qual também contribui para a aprendizagem do sujeito.

Quanto aos balizadores de manifestações metacognitivas relacionadas ao elemento estratégia, foram analisados os seguintes:

- Identifica com base em suas características pessoais ou discutindo com seus colegas qual será a melhor estratégia para atingir o objetivo.
- Identifica a atividade com outra já realizada e avalia em termos de equipamentos e materiais disponíveis se estes são suficientes para a realização da atividade.

No que se refere ao primeiro balizador, “Identifica com base em suas características pessoais ou discutindo com seus colegas qual será a melhor estratégia para atingir o objetivo”, a escolha do caminho que planejaram e optaram seguir está relacionada com suas habilidades pessoais; por exemplo, preferir utilizar o simulador ao invés da experimentação prática. Essa evidência não ficou perceptível nos questionamentos escritos, tampouco apareceu nos áudios, mas foi observada pela professora/pesquisadora e registrada em seu diário de campo. *“Todos os grupos utilizaram o chromebook em algum momento, seja para acesso aos simuladores ou a pesquisa na internet”* (DP). Além de *“[...] muitos grupos iniciaram a atividade utilizando os simuladores”* (DP), ação demonstrada principalmente na terceira intervenção e confirmada pelo depoimento de alguns alunos quando questionados sobre o motivo pelo qual escolheram o virtual e não o experimental para a realização das atividades.

Virtual, foi bem mais fácil, a gente só fez no virtual (A3 E7).

Eu acho legal, particularmente porque fornece muitas informações, daí a gente consegue ver tudo o que tá envolvido, tu vai ali e altera muita coisa que tá aqui por trás e eu não consigo entender, no simulador parece que fica claro (A3 E2).

Porque é mais fácil e prático (virtual) (A3 E5).

Eu prefiro o virtual (A3 E4).

Esses alunos não apresentaram uma justificativa específica que os levou a escolherem o virtual e não o experimental, declarando apenas que o acharam mais fácil e prático. Essa constatação pode ter relação com o imediatismo e a precisão nas medidas, pois, no virtual, basta alterar os valores e clicar para aparecer o resultado;

não há necessidade de medir, cortar o barbante, ter atenção ao amarrar o pêndulo para que fique na medida desejada, cronometrar seu tempo e depois realizar os cálculos; são ações que cabem ao simulador realizar. Por esse motivo, as atividades que envolvem o uso de tecnologias devem ser bem elaboradas, explorar a criatividade e promover reflexões sobre o que está acontecendo na simulação para que não se tornem meramente verificativas. Neste sentido, Medeiros e Medeiros (2002, p. 81) asseguram que:

É verdade que uma boa simulação pode comunicar melhor que imagens estáticas, ou mesmo do que uma sequência delas, ideias sobre movimentos e processos em geral. Nisso se fundamenta, basicamente, a decantada superioridade das representações computacionais àquelas contidas nos livros didáticos.

Sendo assim, o uso de simulações permite examinar de forma mais dinâmica e objetiva os fenômenos estudados, contribuindo, dessa forma, para a aprendizagem. Já a análise dos dados oriundos das práticas efetivadas mostra que houve discussões acerca das estratégias que poderiam ser utilizadas e ainda as compararam com as utilizadas em outro momento:

*Creio que a estratégia de comparar com situações do cotidiano é válida, porém não permite um resultado exato (Q1 E2).
Eu acho que a gente tem que pensar nos conceitos que a gente já passou. Ligar eles com a realidade (A2 E1).*

Portanto, a escolha do caminho para a solução da situação-problema acontece de acordo com as experiências pessoais sejam elas pelo uso de aplicativos, equações, vídeos ou outras vivências. O segundo balizador desse elemento “Identifica a atividade com outra já realizada e avalia em termos dos equipamentos e materiais disponíveis se estes são suficientes para realização da atividade”, é explicitado por estas enunciações:

*Interpretando a e resolvendo com base nos conhecimentos (A3 E15).
Utilizamos o simulador para obter as respostas (A3 E12).
Vamos utilizar as opções que o simulador oferece como: soma das forças, velocidade e aplicando a força sobre o objeto para descobrir o Comparar várias situações no simulador, como corpo com a sem aplicação de força, com ou sem atrito, com massas diferentes (Q2 E1, Q2 E7).
Após aplicaremos fórmulas adequadas para encontrar os coeficientes de atrito estático e cinético desejados (Q2 E3, Q2 E16).*

Observa-se também que o simulador é uma estratégia de resolução sugerida em termos dos equipamentos e materiais disponíveis. Ele é utilizado para fins de comparação ou como descoberta da solução da situação-problema.

Excertos transcritos neste trabalho evidenciam que os sujeitos traçaram estratégias de resolução distintas, provavelmente pensadas a partir de suas

facilidades ou dificuldades em relação ao tema e buscaram recursos cognitivos quando tiveram que pensar nos conceitos envolvidos, ou seja, *iremos medir a força de atrito estático máxima e de atrito cinético. Calcularemos as constantes de atrito (Q2 E9, Q2 E12), ou interpretamos as fórmulas de período e frequência (Q3 E12, Q3 E14, Q3 E15)*. Já os metacognitivos ocorreram quando estruturaram um caminho para chegarem à resolução das questões propostas no roteiro-guia. O excerto que segue complementa essa evidência:

[...] depois eu veria com quantos newtons no máximo não entra em movimento e aí a gente calcula o estático e depois com quantos newtons entra em movimento e diminui pra saber o cinético, porque o cinético tem que ser menor que o estático (A2 E10).

Essas ações mostram a evocação do pensamento metacognitivo, pois os alunos ativaram elementos cognitivos ao lembrarem o que já sabiam sobre força e descreveram “caminhos” para chegar ao objetivo da atividade, ou seja, se monitoraram e pensaram metacognitivamente. Para Flavell, Miller e Miller (1999), quando os sujeitos definem “caminhos”, estes representam as estratégias adequadas para se chegar a resultados cognitivos.

O uso de equações para resolução é outro aspecto marcante e se fez presente na solução das situações-problema apresentadas nos três roteiros-guia:

Pensamos em resolver através de fórmulas, [...] (Q1 E7).

Após aplicaremos fórmulas adequadas para encontrar os coeficientes de atrito estático e cinético desejados (Q2 E3, Q2 E16).

Interpretamos as fórmulas de período e frequência (A3 E12, A3 E14, A3 E15).

O uso de equações para a resolução de problemas é muito comum na Física; porém, em muitos casos, o aluno as decora e aplica sem entender o motivo pelo qual a escolheu. O ensino centrado no imediatismo da resposta correta o leva a tomar esta atitude e a não pensar sobre a situação que lhe foi apresentada, sendo que a interpretação do contexto que, muitas vezes, pode ser realizada sem o uso de uma equação propriamente dita. É o que o pesquisador americano Clement, em um trabalho de Peduzzi (1997), denomina como conhecimento centrado na equação:

Isto sucede quando o solucionador utiliza corretamente uma equação, princípio, etc. chegando ao resultado, mas a ideia que tem da situação física envolvida é pouca ou nenhuma. Neste caso, ele pode utilizar um tipo de representação com sucesso (por exemplo uma fórmula) mas ter muita dificuldade com uma outra forma de representação da mesma situação (um gráfico, por exemplo). Pode, também, ter bastante dificuldade em explicar o quê, e por quê, fez (PEDUZZI, 1997, p.244).

Ainda nesse elemento, um recurso emergiu em todas as atividades, visto que estavam sendo desenvolvidas em grupo: as discussões, fato já identificado na análise de dados coletada no teste-piloto. Muitos sujeitos relataram que, como estratégia, os debates em grupo foram fundamentais para se atingir o objetivo proposto na atividade:

Usando o material passado pela professora, lendo o resumo sobre oscilação e discutindo em grupo (Q3 E4, Q3 E5, Q3 E8, Q3 E16).

Nossas estratégias estão baseadas na troca de conhecimento, na discussão de problemas propostos e resultados (Q2 E3, Q2 E16).

Discussão de conceitos e maneiras de resolução de problemas, como simulações (A1 E3).

Discutir os possíveis resultados e analisá-los de acordo com o que foi passado em aula (A3 E7).

Vamos dialogar em grupo (A3 E16).

Embora a metacognição seja um processo individual do pensamento do sujeito, ações externas, como discussões e comentários, podem contribuir para evocar esse pensamento (ROSA, 2011). Assim, permite-se inferir que o fato de as atividades terem sido desenvolvidas todas em grupo beneficiaram a cooperação, a manipulação de materiais e as discussões. Em cada uma das perguntas, era necessário entrar em um consenso de resposta, logo a exposição de ideias, argumentos, reflexões ou mesmo a verbalização do pensamento favoreceram, substancialmente, o desenvolvimento do pensamento metacognitivo.

Essas discussões também foram apontadas pela bolsista que acompanhou as atividades: *Não pareceu ter ocorrido uma divisão de tarefas, cada um foi fazendo e discutindo. Em alguns grupos cada um foi fazendo o seu e depois discutiam os resultados (DB).* Por sua vez, a professora/ pesquisadora as registrou no seu diário de campo: *Em todos os grupos ocorreram discussões, em alguns mais intensas do que outros, com alguns alunos se manifestando mais que outros, o que é normal do perfil de cada um deles (DP).* Também Rosa (2011, p. 226) defende a ideia de que as discussões contribuem para a aprendizagem ao afirmar que,

Quando o aluno tem consciência do caminho que melhor lhe convém para compreender a atividade, pode participar das discussões do grupo, expondo seu ponto de vista e seus questionamentos. Nesse caso, a exposição da forma de pensamento de um aluno pode contribuir para a aprendizagem dos outros.

Dessa forma, ao discutir com seus colegas de grupo a estratégia a ser utilizada para resolver a situação-problema, o aluno está manifestando um pensamento metacognitivo, pois precisa pensar no objetivo e elencar caminhos utilizando ou não recursos para concluir a tarefa. Para Flavell, Miller e Miller (1999), o elemento

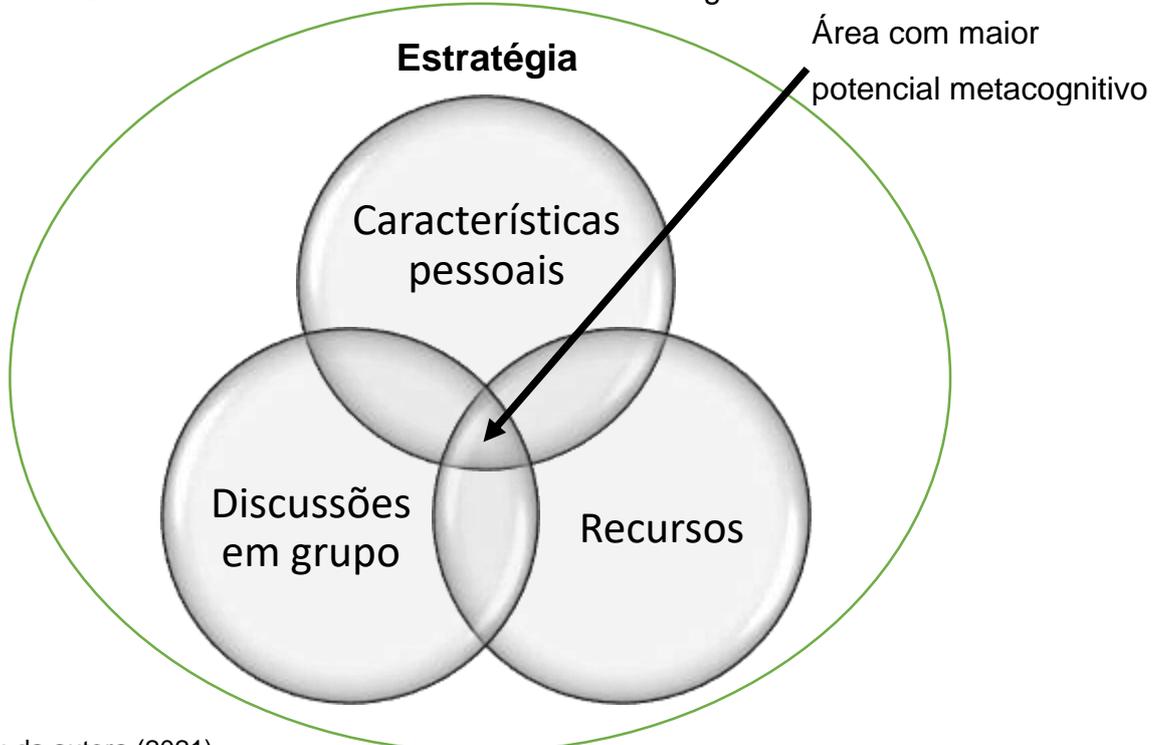
estratégia é um indicativo de autonomia na aprendizagem, pois o sujeito reconhece, em sua estrutura cognitiva, o caminho para ter sucesso e atingir o objetivo na atividade proposta. Assim, é necessário *pensar e entender os conceitos para conseguir aplicar a fórmula correta. Discutir os resultados, e analisá-los de acordo com o que foi passado em aula (Q2 E1, Q2 E7).*

Quando o aluno tem consciência desse caminho, ele participa das discussões do grupo, expõe suas ideias e argumentos, contribuindo também para a aprendizagem dos colegas. Alguns são mais comunicativos que outros, uma característica natural do ser humano. Mas, mesmo para os mais discretos e/ou tímidos, ouvir a opinião e a argumentação do outro o faz pensar internamente e refletir consigo mesmo, promovendo conjecturas entre o que ele sabe e o que está sendo exposto:

As atividades colaborativas, presenciais ou virtuais, em pequenos grupos, têm grande potencial para facilitar a aprendizagem significativa porque viabilizam o intercâmbio, a negociação de significados, e colocam o professor na posição de mediador (MOREIRA, 2014, p.23).

De fato, muitas vezes, a troca de ideias encoraja os menos comunicativos do grupo a se exporem por estarem em um ambiente entre colegas e de aprendizado mútuo. A Figura 6 reúne as principais características evidenciadas no elemento estratégia.

Figura 6 - Síntese dos resultados do elemento Estratégia.



Fonte: da autora (2021).

No que concerne ao elemento estratégia, pode-se inferir que as escolhas foram embasadas nas características pessoais de cada aluno e evidenciadas quando alguns optaram por utilizar um simulador, o experimento; outros, pelas equações, ou ainda quando relataram suas vivências. Nesse elemento, destaca-se também o surgimento das discussões em grupo, que foram relevantes para a tomada de decisão de qual estratégia seguir para atingir o objetivo da atividade proposta na intervenção didática.

d) Elemento planificação:

O elemento **planificação** é o momento em que o sujeito programa suas estratégias, organiza etapas, materiais, equipamentos e conhecimentos que possui para realização da atividade. Segundo Rosa (2011), esse elemento é responsável pela previsão das etapas, avaliação das estratégias selecionadas em relação à finalidade e aos resultados da ação, fixando metas sobre como proceder para realizar a ação. Já para Brown (1987), o planejamento inicia no momento em que se conhece o problema, por isso é importante a discussão do procedimento antes de iniciar a atividade.

É relevante informar que esse elemento foi o mais difícil de ser evidenciado nas observações, visto que os alunos, de imediato, iniciaram as tarefas, explicando ou escrevendo rapidamente. Se houve um planejamento, ele não foi citado pela professora/pesquisadora e pela bolsista em suas observações. Já nas questões respondidas individualmente, após as atividades, alguns relatos indicam que parte dos alunos dedicou um tempo para discutir as estratégias. Entretanto, ficou explícito que “esse tempo” foi insuficiente para pensarem sobre o que precisavam fazer; o movimento inicial foi “sair fazendo” e depois verificar e refletir sobre o que tinham feito.

Planejamos fazer todas juntas e discuti-las em grupo, não houve mudança e conseguimos fazer dessa forma a tempo (Q1 E14).

O grupo leu em conjunto as questões e pensou em conjunto, não houve mudanças de planos, seguimos a mesma estratégia de início ao fim (Q2 E8).

Como já mencionado, a planificação é confundida com a estratégia, pois ambas discutem ações prévias a serem efetivadas. Esta é uma ação relacionada aos conhecimentos dos alunos; representa a identificação do sujeito diante de seus conhecimentos quanto ao modo de proceder. Já aquela se refere às ações delineadas pelo discente ante a tarefa a ser realizada; é o como fazer (ROSA, 2011). Na prática, os dois elementos acabam se misturando, pois, ao identificar a estratégia, já se está pensando em como executar a atividade. Nesse elemento, de acordo com a referida autora, são destacadas manifestações de organização do grupo, características de

cada integrante para o tipo de tarefa, planejamento e distribuição de atividades. Perante esse contexto e dos dados emergentes, os balizadores utilizados na análise foram:

- Planejar as ações, tendo como referência seus conhecimentos, a tarefa envolvida e a estratégia a ser utilizada.
- Ter clareza de por onde começar a atividade e do caminho a ser trilhado para chegar ao seu objetivo.

O excerto dos alunos Q2 E8 e Q2 E15 comprova a presença do elemento planificação: *com base no conhecimento que ambos possuem, vamos buscar trabalhar/pensar juntos. E, dependendo da atividade proposta, buscaremos virtualmente.* Observa-se que eles fizeram uma previsão das etapas, para depois avaliarem as estratégias selecionadas em relação à finalidade e aos resultados da ação, fixando metas sobre como proceder para realizá-la.

Outros indícios do elemento planificação são percebidos nos trechos apresentados a seguir. Neles, evidencia-se que houve um planejamento prévio à ação, convergindo com o balizador “Planejar as ações tendo como referência seus conhecimentos, a tarefa envolvida e a estratégia a ser utilizada”:

Primeiro pensamos em observar os materiais virtuais disponibilizados e tentar relacioná-los com nosso problema, a partir disto testamos na prática como seria a queda de uma bolinha a uma altura de 10m e qual seria sua velocidade (Q1 E6).

Primeiramente pensamos na situação que estava e fazendo analogia com as simulações postadas no Virtual (Q1 E1).

Realizar o experimento, retirar os dados e colocar na fórmula de coeficientes para achar as respostas (Q2 E4, Q2 E11).

A gente planejou usando os conhecimentos que a gente lembrava da prática na aula (A2 E5).

Quanto ao balizador “Ter clareza de por onde começar a atividade e do caminho a ser trilhado para chegar ao objetivo da atividade”, os alunos demonstraram clareza dos caminhos que pretendiam seguir, pois todos os grupos tiveram iniciativa para efetivar a resolução da atividade. Dessa forma, pode-se justificar a compreensão de por onde começar a resolução. Outro aspecto que se destaca no elemento planificação é a utilização dos simuladores como um recurso para auxiliar na compreensão e resolução da situação-problema proposta: *A gente abriu o simulador, simulamos os valores de massas e com isso conseguimos identificar a força de atrito estático e o cinético, com o cálculo de massas e gravidade calculamos o valor normal (A2 E13).*

O uso do simulador auxiliou no processo de planificação à medida que, por meio dele, os alunos puderam testar suas ideias pensadas nas estratégias e verificar se era possível pô-las em prática. Em efeito: *Utilizamos bastante dos links disponibilizados, os quais foram bem úteis pois conseguimos visualizar situações onde estava presente o assunto que estávamos abordando. Além do vídeo assistido que também foi bem importante para entender melhor (Q1 E7)*. Para Medeiros e Medeiros (2002, p. 3):

Simulações computacionais possuem interatividade entre o aprendiz e o computador. O programa é capaz de fornecer uma vasta gama de animações alternativas que podem ser selecionadas pelo aluno, mostrando, por exemplo, o movimento de um projétil, no qual o aluno pode alterar valores como a velocidade inicial e o ângulo de lançamento.

Essa interatividade permite que o aluno faça vários testes com diferentes valores das grandezas envolvidas e chegue a conclusões a partir dessa análise:

Utilizar bastante o simulador para obter resultados e assim resolver os cálculos (Q2 E8, Q2 E15).

Com a ajuda de um simulador um objeto de 50kg e as forças foram encontradas, foram utilizados, (...) utilizamos também as fórmulas para encontrar os valores (A2 E4).

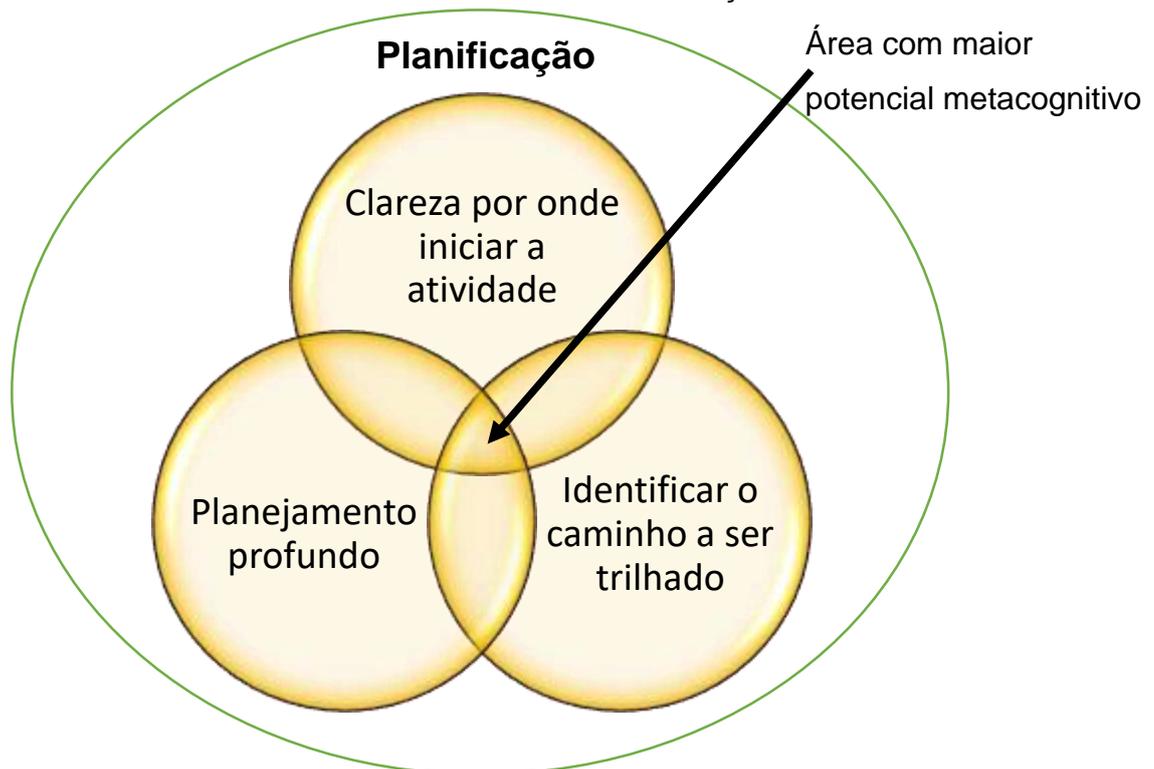
Simulações, *softwares* ou objetos virtuais possibilitam a realização de experimentos que, na vida real, são complexos ou exigem condições específicas, como um ambiente com pouco atrito, baixa resistência do ar, alturas difíceis de serem alcançadas ou, ainda, fenômenos muito rápidos ou extremamente lentos (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002), em particular, como foi o caso da situação-problema da primeira intervenção. Nela foi utilizada uma altura de trinta metros e, caso os alunos desejassem reproduzir a prática, teriam que ir em busca de um local apropriado pelo Campus da Universidade ou, então, utilizar as simulações disponíveis com alturas semelhantes, que foi a opção de muitos grupos. Em efeito, *com base nas simulações disponíveis verificamos que quanto maior a altura, maior a velocidade e independente da massa também né (A1 E2)*.

Os simuladores auxiliaram, como forma de verificação de teorias, nos cálculos ou hipóteses quando os alunos o utilizaram na terceira intervenção didática sobre o pêndulo conforme evidenciado no seguinte depoimento: *Primeiro discutimos se a massa interfere no período e frequência, utilizamos o simulador para retirar a prova e concluimos que apenas o comprimento do pêndulo e a gravidade interferiam (A3, E6)*. Pela declaração, deduz-se que a utilização desse recurso ajudou na escolha das estratégias de resolução, e estas convergiram com o balizador de “Ter clareza de por

onde começar a atividade e do caminho a ser trilhado para chegar ao objetivo da atividade”.

Sobre o elemento planificação e sua evidência nas intervenções didáticas realizadas, pode-se inferir que os alunos, em sua maioria, não planejam, já “saem procurando” na internet uma resposta pronta. Essa relação se deve ao fato de ela oferecer muitas informações; porém, nessa procura, é necessário o uso de critérios. Para Rosa (2011), planejar não se restringe a organizar as ações executivas operacionais, mas sim ordenar os conhecimentos necessários para a realização da atividade. Se por exemplo, antes de partir para um campo de tentativas e erros, fossem pensadas as possibilidades e termos para a busca, ganharíamos tempo em nossas pesquisas na internet, pois estaríamos sendo mais objetivos. A Figura 7 ilustra essa interpretação.

Figura 7 - Síntese dos resultados do elemento Planificação.



Fonte: da autora (2021).

Outro aspecto relevante para esse elemento é o apresentado na Figura 6 e, embora não tenha sido identificado um planejamento detalhado e evidente, os alunos tiveram clareza por onde começar e como prosseguir. Essa evidência pode estar associada ao uso dos recursos, em especial o computacional. O fato de utilizarem os simuladores como forma de verificação das hipóteses e por eles fornecerem um

resultado rápido, ocorreu uma mudança ou reorganização de planejamento. Caso a hipótese não se confirmar, faz-se necessário pensar em uma nova planificação de estratégias possíveis, o que já reflete em um momento de monitoramento do pensamento metacognitivo.

e) Elemento metacognitivo monitoração

O elemento **monitoração** está relacionado à ação em si, isto é, testar as hipóteses, manusear os equipamentos, executar a simulação, negociar saberes, dialogar com colegas e professor, visualizar possibilidades e confrontar seus conhecimentos com os dos colegas. Para que se promova o pensamento metacognitivo, esse momento deve ser consciente e permanente nas ações mediadas pelos conhecimentos. É uma etapa fundamental para que o sujeito verifique se está no caminho que o levará até o objetivo que quer alcançar, pressupondo-se ser um indivíduo ativo, engajado e capaz de construir seus conhecimentos nesse processo de interação. Sendo assim, estará balizado por estas ações:

- Confrontar a ação em execução e o objetivo pretendido.
- Avaliar se os materiais e equipamentos estão de acordo com o planejado.
- Realizar questionamentos e participar das decisões do grupo, questionando o que está sendo realizado, de forma a revisar as ações executadas, valorizando esta etapa da atividade experimental.
- Sistematizar os dados coletados, tendo em vista a elaboração dos resultados da atividade experimental.

A monitoração representa os processos de pensamento durante a atividade e envolve as decisões tomadas durante o processo de execução, apontando avanços ou recomeços. Esse elemento retoma o objetivo e o planejamento da atividade para verificar se as estratégias traçadas e planejadas são pertinentes para se atingir o objetivo almejado. É um controle ativo da ação e dos conhecimentos envolvidos com os dados coletados a fim de se obter o resultado final da atividade. São exemplos de indícios do elemento monitoração:

[...] nos fez pensar e discutir sobre as questões. [...]decidi buscar informações adicionais na literatura (Q1 E3).

Troca de dinamômetro para ter resultados mais aproximados. Continuamos avaliando diversas situações no decorrer na prática (Q2 E1, Q2 E7).

Com a utilização do simulador, realizando vários experimentos, discutindo resultados e analisando o material fornecido em aula (Q3 E1, Q3 E2, Q3 E7, Q3 E13).

Esses relatos expressam que houve, no decorrer das atividades, a presença do elemento monitoração, pois os sujeitos executavam a atividade e se autorregulavam ao avaliarem se tal estratégia pensada e planejada faria sentido no momento de resolvê-la, além de confrontarem a ação em execução e o objetivo pretendido, o que atende ao primeiro balizador “Confrontar a ação em execução e o objetivo pretendido”. O relato que segue evidencia essa inferência: *Com as observações feitas e os conhecimentos básicos sobre queda livre, começamos a testar diversos cálculos afim de avaliar qual teste seria o mais adequado para chegar aos resultados de cada questão (Q1 E6)*. Em síntese, é um avançar e retroceder, verificando cada etapa e modificando a ação sempre que necessário para se atingir o objetivo proposto na situação-problema e um controle ativo da ação e dos conhecimentos envolvidos com os dados coletados a fim de se obter o resultado final da atividade.

O elemento monitoração também se refere aos materiais utilizados para a experimentação prática, assim como os recursos simulador, material de aula e livros utilizados se estiverem de acordo com o planejado. Segundo os envolvidos nas atividades, houve relatos de problemas com os materiais práticos, como por exemplo, os dinamômetros e os blocos na intervenção do roteiro-guia 2:

Tivemos que utilizar dinamômetro mais preciso para que conseguíssemos enxergar as forças (Q2 E9, Q2 E12).

O bloco foi trocado para um coeficiente de atrito maior, assim como o dinamômetro foi trocado por um mais preciso (Q2 E4, Q2 E11).

Tivemos que trocar o dinamômetro, pois estava descalibrado, o que alterava os resultado (Q2 E2, Q2 E6).

Eu estava usando a lixa, por isso tá dando errado (...) o lado errado, não, na primeira vez usei a lixa, mas agora, por isso estava dando diferente (A2 E16).

Pra mim calcular o atrito estático que seria o parado é melhor eu puxar ele com um pouco mais de força ou mais devagar? Parece que dá uma diferença (A2 E16).

Esses depoimentos têm conexão com o balizador “Avaliar se os materiais e equipamentos estão de acordo com o planejado” e se referem a situações comuns que ocorrem quando são utilizadas atividades experimentais em sala de aula. Embora o roteiro tenha sido testado e funcionado previamente, é normal que, no momento do desenvolvimento da atividade, ocorram problemas com os equipamentos, como o dinamômetro que não estava calibrado ou dificuldades de medir a força aplicada em uma determinada situação quando não se está utilizando instrumentos de precisão. Em efeito: *Trocamos o dinamômetro por um mais preciso (A2 E11)*. Portanto, os

alunos perceberam que as medidas não estavam de acordo com os resultados previstos; isso é uma evidência de monitoração, pois perceberam que havia um equívoco e retomaram as estratégias fazendo uma verificação dos processos planejados.

Nessas situações, os alunos também precisam vivenciar sua formação, pois nem sempre suas experiências iniciais provocam um êxito imediato, tampouco o reconhecimento de que não estão realizando a ação de forma correta. Vale também destacar que investigar os possíveis erros é fundamental para o sucesso da atividade. Além disso, torna-se necessário questionar se as medidas e resultados encontrados fazem sentido para a situação-problema ou se ocorreu algo não previsto inicialmente. Tais ações são uma forma de monitoração do processo e estão de acordo com o balizador “Realizar questionamentos e participar das decisões do grupo questionando o que está sendo realizado, de forma a revisar as ações executadas, valorizando esta etapa da atividade experimental”. Na sequência, mais alguns depoimentos:

A gente não vai chegar exato, mas o 1 pra 0,9 da diferença [ao se referir sobre o valor do coeficiente de atrito entre um par de superfícies] (A2 E2).

Se a gente usa o comprimento desse, a gente pode usar tanto no simulador quanto aqui, uma boa ideia né? (...) que daí caso o simulador tá mentindo pra nós, a gente pode tirar a prova, deu 20 né (A3 E8).

Nessas enunciações, os questionamentos e colocações dos alunos demonstram a sua preocupação e o propósito de atingir o objetivo da atividade. Quanto às decisões e participação em grupo, destaca-se o comentário de E2 relativo à atividade desenvolvida no roteiro-guia 2 sobre atrito. A monitoração se evidenciou quando ele apontou a inferência da discussão em grupo na tomada de decisão: *só depois de muito, muito, muito discutir eu achei esse diagrama aqui, que está dizendo o que eu escrevi, que a força de atrito é estática, por isso que ele é mantido parado (A2 E2)*. Outro relato convergem com essa ideia: *Fomos discutindo a questão, até chegarmos a um resultado (E 3 E16)*.

As decisões finais das atividades propostas foram apresentadas e discutidas com o grupo, momentos que foram registrados pela bolsista: *Eles discutem muito, alguns divergem de ideias, argumentam, mas ao final chegam a um acordo do que concordam para responder o que está sendo solicitado (DB)*. Isso demonstra, mais uma vez, o potencial de se trabalhar em pequenos grupos. A tomada de decisão e aprendizados, muitas vezes, estão atrelados a comentários e depoimentos de colegas que confirmam ou refutam as hipóteses iniciais.

Os benefícios de as atividades serem realizadas em grupo e de forma colaborativa entre estudantes já foram estudadas por Coll Salvador (1994) e Colaço (2004). Esses autores apontam ganhos em termos de socialização (o que inclui a aprendizagem de modalidades comunicacionais e de convivência), controle dos impulsos agressivos, adaptação às normas estabelecidas (inclusive a aprendizagem relativa ao desempenho de papéis sociais) e superação do egocentrismo (por meio da relativização progressiva do ponto de vista próprio), aquisição de aptidões e habilidades (incluindo melhoras no rendimento escolar) e aumento do nível de aspiração escolar.

Outros pesquisadores corroboram essa ideia, tais como Machado (2010), Silva e Leal (2004) e Rezende e Gomes (2018). O primeiro sustenta que o trabalho em grupo deve ser realizado desde criança para auxiliar no desenvolvimento do indivíduo. Já Silva e Leal (2004) revelam que esse tipo de trabalho vem sendo um recurso muito utilizado por professores para dinamizar e estimular a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem e, dessa forma, promover a interação. Por fim, Rezende e Gomes (2018) afirmam que atividades desenvolvidas em grupos na sala de aula possibilitam a interação entre os estudantes, levando-os à troca de conhecimento e informações adquiridos durante a aula.

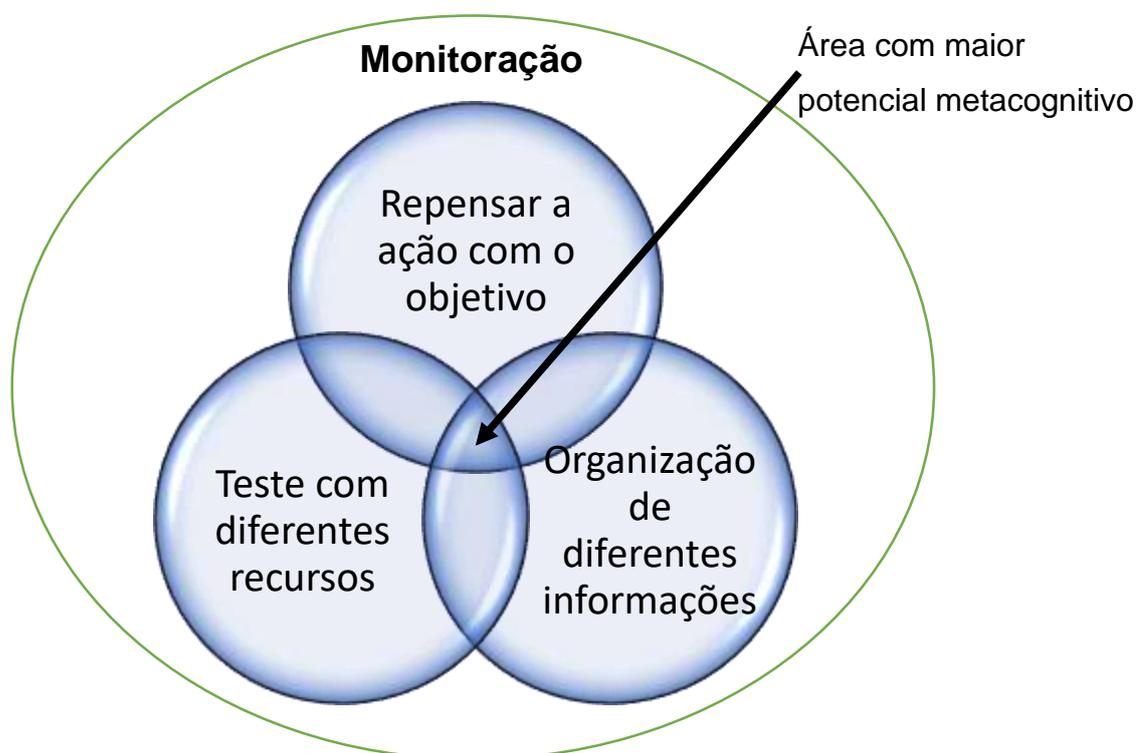
Quanto ao balizador “Sistematizar os dados coletados tendo em vista a elaboração dos resultados da atividade experimental”, essa ação foi evidenciada pela professora/pesquisadora e registrada em seu diário de campo: *Diversos alunos ao coletarem os dados, quando realizam a atividade experimental (tanto de queda livre como de atrito) fazem os registros deste em seus cadernos pessoais, alguns os organizam na forma de quadros ou tabelas para serem utilizados posteriormente (DP)*. Também a aplicação das equações é explicitada nos dados analisados: *Tentamos aplicar esses dados nas fórmulas, mas não deu certo pois não nos lembramos que poderíamos ter usado a fórmula de Torricelli (Q1 E11)*. De fato, os alunos perceberam que, ao aplicar uma determinada equação, não chegariam ao resultado esperado e só depois lembraram que deveriam ter utilizado outra equação para aquela situação, o que demonstra a monitoração do processo. Segundo Rosa (2011, p. 92), um ensino autorregulatório:

[...] permite aos alunos a escolha de estratégias e métodos que melhor se adaptem para alcançar o objetivo almejado, oportunizando uma flexibilização quanto à identificação do sujeito com uma ou outra estratégia, ao passo que a utilização de estratégias metacognitivas se apresenta como uma escolha já estabelecida de antemão.

Brown (1987) também enfatiza a importância da monitoração para manter o rumo da ação. Para a autora, na aprendizagem, esse elemento representa a revisão de conhecimentos à medida que novos (conhecimentos) estão sendo construídos, permitindo que os alunos avaliem se estão ou não no caminho certo para atingir o objetivo da construção do conhecimento. Nesse sentido, A3 E12 relata que *Tô achando que a segunda tá errada, mas a gente podia fazer, tipo assim, um complemento na segunda para deixar ela certa*. Ações como essa alertam os estudantes sobre possíveis interrupções na construção do conhecimento ou na realização de uma atividade e, em tempo, optem por mudanças.

Destaca-se ainda que o elemento monitoração foi um dos que mais se evidenciou na análise desta Tese, aparecendo em diversas situações, tanto nas perguntas direcionadas a um aluno ou aos grupos em geral. A Figura 8 sintetiza os resultados desse elemento.

Figura 8 - Síntese dos resultados do elemento Monitoração.



Fonte: da autora (2021).

A Figura 8 mostra que a autorregulação ou monitoração ocorreu no momento em que os alunos tiveram que reestruturar seu planejamento por se depararem com uma situação inesperada, como por exemplo, se utilizarem uma equação para a resolução

e perceberem que não estavam atingindo o objetivo. Ou, ainda, ao constatarem problemas no equipamento que estava sendo utilizado e ter que realizar uma troca do equipamento ou mesmo a do recurso e, neste sentido, organizarem as informações na forma de tabelas, quadros ou tópicos que os auxiliará no processo visando atingir o objetivo da atividade.

f) Elemento metacognitivo avaliação

O elemento **avaliação** diz respeito à revisão das ações que foram realizadas com a finalidade de construir a reflexão das etapas e de compreensão do conhecimento, ou seja, avaliar o que e como uma atividade foi desenvolvida, estabelecendo um momento metacognitivo de identificação dos caminhos que levaram à compreensão do conhecimento. Para Rosa (2011), esse elemento envolve manifestações de comportamento que confrontam o resultado com o objetivo. Nele são identificadas falhas no processo, retomadas da atividade, reflexão sobre o modo como ela foi efetivada e clareza do conhecimento adquirido com a ação proposta. Rosa (2011, p. 233) também sustenta que avaliar significa “rever o realizado, a fim de identificar os caminhos que permitiram chegar até ali”. A autora reforça essa ideia quando afirma que avaliar é revisar as ações numa reflexão consciente e com propósitos claros de compreensão do conhecimento e de verificação da ação. Assim, os balizadores utilizados para esse elemento metacognitivo foram:

- Retomar o resultado encontrado, identificando o modo executado e se este permitiu atingir o objetivo e verificar as hipóteses inferidas no início do estudo.
- Avaliar o resultado em termos de possíveis equívocos ou distorções de conhecimento ou operacionais na execução da atividade experimental.
- Apresentar clareza do conhecimento adquirido com a realização da atividade experimental e dos meios que o levaram a chegar a este conhecimento.

No que se refere ao balizador “Retomar o resultado encontrado, identificando o modo executado e se este permitiu atingir o objetivo e verificar as hipóteses inferidas no início do estudo”, ficou explícita sua ocorrência nas observações da professora/pesquisadora em seu diário de campo quando registra que, *ao final da atividade, depois de terem respondido à questão, os alunos voltam a ler a pergunta e verificam se esta foi plenamente respondida (DP)*. Em efeito, houve uma avaliação metacognitiva do processo, pois os alunos retomaram o objetivo e verificaram se a resposta fazia sentido.

Essa ação de avaliação, em especial para o ensino de Física, pode ser evidenciada quando o aluno percebe que existe coerência entre o resultado encontrado e o esperado, principalmente quando se trata dos numéricos e se constata que ele não é um absurdo. Essa avaliação está mais relacionada ao procedimento e à coerência com o objetivo proposto.

Outra avaliação a ser realizada se refere às escolhas e caminhos que foram trilhados, sendo relacionada às vivências, crenças e bagagem cognitiva que o sujeito possui sobre determinado assunto e que vai influenciar suas escolhas. Para Rosa (2011, p. 230):

[...] ao final, o estudante não avalie apenas seus conhecimentos cognitivos, respondendo ao objetivo da atividade, mas retome e identifique a estrutura que o levou a compreender e a executar a atividade. É o momento de identificar e retomar o que foi feito.

Concorda-se com Rosa (2011) quando ela salienta que a avaliação merece um destaque, pois representa um momento final da atividade e corresponde ao confronto entre as ideias iniciais e os resultados de âmbito cognitivo obtidos com a realização da tarefa. Porém, nem sempre isso acontece, pois, os estudantes, às vezes, julgam a execução do procedimento em uma atividade experimental como a etapa de encerramento, não considerando a discussão dos dados e resultados obtidos. Neste sentido, os questionamentos são importantes para que a avaliação efetivamente aconteça.

Outro ponto a ser destacado no elemento avaliação é que o aluno perceba possíveis equívocos na execução da atividade, consolidando o segundo balizador “Avaliar o resultado em termos de possíveis equívocos ou distorções de conhecimento ou operacionais na execução da atividade experimental”. Essa percepção ficou evidenciada no relato de E6 na primeira intervenção:

Conversamos bastante, e tentamos utilizar a lógica, mas não foi o suficiente. Sim, diversas vezes mudamos os métodos e as opiniões, por exemplo, fizemos em prática atirar uma bolinha a 10m de altura e cronometramos os segundos que levou a queda, tentamos através de regra de três chegar a um resultado para 30m, que não deu certo, então partimos para o uso de equações e a lógica de cada grandeza vetorial, como a da aceleração e o que ela faz com a velocidade (Q1 E6).

O diálogo ocorrido entre os integrantes da equipe de E6 explicita que houve avaliação do processo quando optaram por mudar o método várias vezes. Conforme o relato do aluno, inicialmente, o grupo tentou utilizar a lógica; em seguida, fez a experimental e, por último, partiu para as equações e a relação com as grandezas vetoriais. Essas mudanças mostram um processo de automonitoramento e avaliação,

em que os discentes, ao terem ciência dos problemas nas estratégias traçadas, buscaram outras para atingir o objetivo da atividade, fato que é também narrado na terceira intervenção: *Percebi que estava confundindo velocidade com aceleração o que estava dificultando a resolução do problema (Q3 E2).*

É neste momento que o aluno reconhece seus erros e suas fragilidades e, ao professor, cabe enxergar nesse erro uma possibilidade de novas construções, favorecidas pela forma como o pensamento metacognitivo foi estabelecido. Como relata E11 sobre o episódio da intervenção 2: *Vamos fazer assim, depois a gente chama a professora e pergunta para ela se o que a gente fez tá certo ou não (Q2 E11).*

Mas, em algumas situações, ocorreu a avaliação do processo sem que houvesse a necessidade de alterações das estratégias planejadas. Os relatos de E10 e E13 comprovam a afirmação: *Não tivemos mudanças de planos, pois com o passo a passo planejado, conseguimos chegar ao resultado desejado.* Em relação à terceira intervenção, E4 declarou:

Chegamos ao resultado final seguindo aquilo que tínhamos pensado, que foi primeiro realizar um cálculo onde criamos um comprimento para o pêndulo e aplicamos nas fórmulas de período e frequência, dividimos a frequência encontrada por dois e aplicamos essa frequência a fórmula para achar em que comprimento isto acontecia. Colocamos o comprimento encontrado na equação do período e verificamos que quando a frequência se reduz à metade, o período dobra (A3 E4).

Por sua vez, E7 afirmou que, na primeira intervenção: *Continuou o mesmo (o resultado) porque a gente continuou com as mesmas informações, continuou com a mesma base, com as mesmas informações.* Esses excertos apontam que nem a resolução envolve uma mudança de estratégia. O aluno pode optar por um caminho e segui-lo até atingir o resultado esperado, pois, segundo Rosa (2011), o relevante é não se restringir apenas aos resultados finais, mas confrontá-los com o objetivo pretendido, isto é, pensar no processo.

Em relação ao terceiro balizador “Apresentar clareza do conhecimento adquirido com a realização da atividade experimental e dos meios que o levaram a chegar a este conhecimento”, as enunciações de alguns alunos mostram esse aspecto, pois *Agora os conceitos estão bem mais claros (Q3 E2)*, referindo-se à diferença entre período e frequência de um pêndulo simples ao concluir a terceira intervenção. Na segunda intervenção, houve declarações semelhantes: *Conforme fomos fazendo as ideias sobre atrito foram ficando mais claras (A2, E7).* Outros depoimentos sobre esse balizador ocorreram na primeira intervenção:

Com o decorrer da atividade compreendi melhor como funciona queda livre e a força de resistência do ar (Q1 E5).

Meu raciocínio lógico melhorou bastante, pude ver em prática algumas definições o que me ensinou a compreender melhor o verdadeiro significado das equações de queda livre e outros conteúdos (Q1 E6).

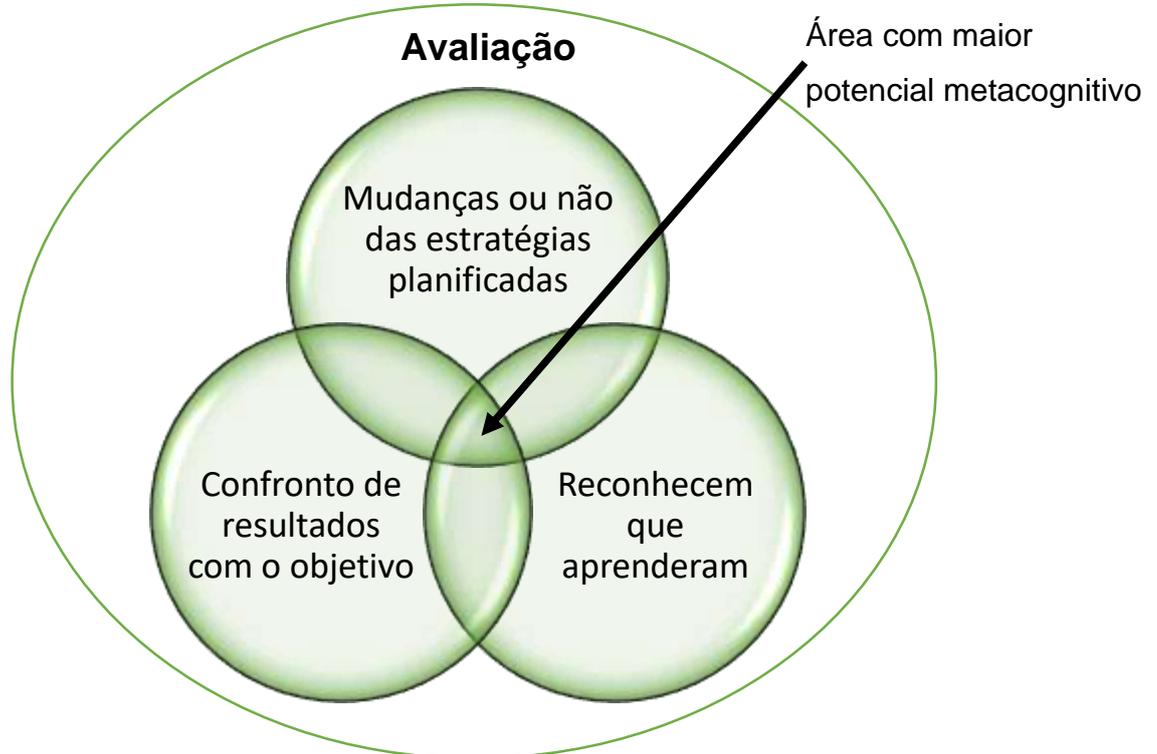
Os relatos dos alunos referentes à melhora no reconhecimento de um conceito, no raciocínio lógico e na compreensão de significados confirmam que os participantes desta pesquisa entenderam os conhecimentos discutidos nas atividades, bem como os processos que os levaram a essa percepção. Segundo Rosa (2011), verificar se entenderam a atividade desenvolvida e a compreensão do conhecimento envolvido também são características do elemento avaliação no processo metacognitivo.

Nesse seguimento, novamente houve a interação do grupo nas discussões e debates conforme declaração de E5: *Debatemos sobre a melhor resposta, e no decorrer da atividade descobrimos coisas novas, onde gerou mudanças em nossas respostas (Q1 E5)*. Nesse sentido, pode-se afirmar que as discussões em grupo se fizeram presentes em vários momentos durante as intervenções. Estas levaram os alunos a refletirem sobre suas ideias e escolhas, contribuindo para o pensamento cognitivo quando eles se lembravam de conteúdos, (re)construíam novos e escolhiam o melhor caminho ou estratégia a adotar diante de uma determinada situação.

Essas evidências corroboram as ideias de Flavel, Miller e Miller (1999) quando eles defendem que uma estratégia cognitiva pode ser ao mesmo tempo metacognitiva. Ao proporcionarmos momentos para o discente identificar o conhecimento em estudo em situações por ele já vividas, estamos favorecendo a aproximação do conhecimento com os objetivos cognitivos. Por sua vez, esse discente está recorrendo ao uso das estratégias metacognitivas de avaliação do que já sabe sobre esse conhecimento, o que pode levá-lo a gerar experiências metacognitivas. Estas, de acordo com Flavell (1979), são orientadas pelo conhecimento metacognitivo que conduz ao uso das estratégias metacognitivas, que poderão mostrar o caminho para atingir o objetivo cognitivo. Essa forma de pensamento - trazer elementos cognitivos e metacognitivos em uma mesma situação - parece ter ficado evidente nas três atividades propostas, pois os estudantes demonstraram valorizar o conhecimento ao se lembrarem de fatos que já haviam vivenciado

A Figura 9 sintetiza as características que se destacaram no elemento avaliação desta Tese.

Figura 9 - Síntese dos resultados do elemento Avaliação.

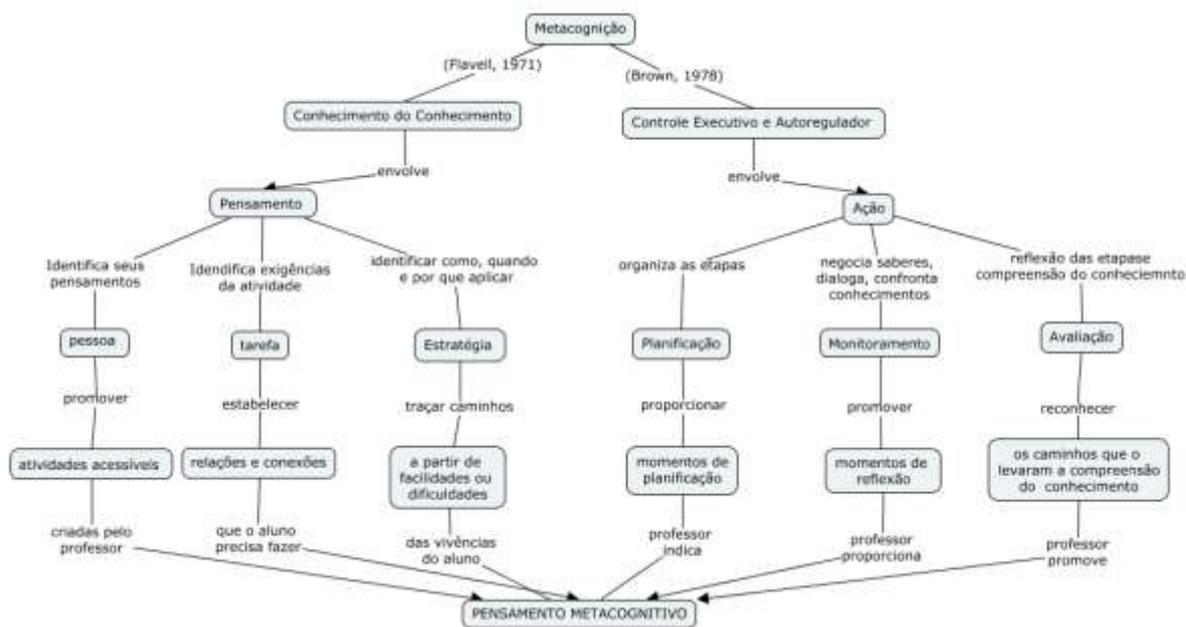


Fonte: da autora (2021).

A Figura 9 relacionada ao elemento avaliação, destaca-se que os alunos reconheceram que aprenderam ao conseguirem realizar a tarefa de acordo com os conceitos científicos abordados. Neste sentido, eles avaliaram o processo ao confrontarem os resultados encontrados com o objetivo traçado e optarem por mudar ou não as estratégias planejadas segundo suas convicções e conhecimentos.

Ao concluir a análise desta categoria, pode-se afirmar que os seis elementos metacognitivos - pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação -, estiveram presentes nas intervenções e evocados por diferentes sujeitos. Os três primeiros, por estarem vinculados ao conhecimento do pensamento, foram mais difíceis de serem percebidos segundo observações da professora/pesquisadora e/ou bolsista. Porém, os questionamentos realizados, tanto de forma escrita como oral, durante as atividades, foram essenciais para a identificação posterior desses indícios. Já os três últimos, em função de estarem mais relacionados à ação do sujeito, foram mais fáceis de serem identificados, inclusive durante a resolução das atividades. Em suma, para cada elemento, houve contribuições significativas para a evocação do pensamento metacognitivo conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 - Síntese dos elementos metacognitivos



Fonte: da autora (2021).

Na imagem da Figura 10, são destacados cada um dos elementos, suas características e em quais delas o professor tem mais inferência para desenvolvê-la por meio de atividades metacognitivas. O primeiro – pessoa - enfatiza a importância de o professor propor atividades em que os alunos consigam acessar e reconhecer seus conhecimentos prévios em relação ao que está sendo proposto. Esse reconhecimento, para Rosa (2014), é um fator motivacional para o estudante e determinante para que ele inicie o processo de tomada de consciência sobre seus conhecimentos e aprenda.

No elemento tarefa, a relevância é compreender os enunciados e saber estabelecer relações com o que é necessário para resolver, além de conexões com outras atividades já desenvolvidas seja na disciplina ou com a realidade do aluno. Essas ações puderam ser evidenciadas na pesquisa, pois foram trabalhados roteiros e situações-problema da realidade dos discentes. Eles estabeleceram relações e conexões com os conhecimentos que já possuíam e, assim, reconheceram suas características pessoais diante das necessárias para a resolução da atividade.

No elemento estratégia, tem-se a participação dos dois anteriores - pessoa e tarefa - pois o aluno, a partir de suas facilidades ou dificuldades, precisa recuperar informações e traçar planos tanto no que se refere aos conteúdos como à sua operacionalização. Neste momento, merece destaque a importância do trabalho em grupo como forma colaborativa de construção deste caminho de estratégias para solucionar um desafio ou atingir um objetivo.

Na planificação, aponta-se a necessidade de elaborar atividades que possam proporcionar esse momento, pois, como foi constatado, os alunos, em sua maioria, não planejam, ou pelo menos, não evidenciam, por meio de ações, o que fazem. Por isso, a elaboração de atividades que promovam a planificação é fundamental, pois esse é um momento importante no processo do pensamento metacognitivo. Por meio dele, o sujeito organiza as etapas, os materiais, equipamentos e os conhecimentos que possui para realização da atividade.

No elemento monitoração, o aluno se autorregula no processo metacognitivo, que, segundo Brown (1987), mantém o rumo da ação. Por conseguinte, perguntas metacognitivas que promovam momentos de reflexão são fundamentais para evolução do pensamento metacognitivo. Nesta tese, elas impediram os alunos saíssem do foco de seu objetivo.

O elemento avaliação é um olhar global do que foi realizado e como tudo aconteceu, além de reconhecer os acertos e redirecionar as falhas e adaptações que possam ter ocorrido ao longo do processo. Quando o aluno se autoavalia, estabelece um momento metacognitivo de identificação dos caminhos que o levaram à compreensão do conhecimento.

Esses seis elementos, quando evocados, podem promover o pensamento metacognitivo. Mas essa evocação, na maioria dos casos, não ocorre de forma espontânea; ela precisa ser desenvolvida, e a sala de aula é um dos espaços para isso. Portanto, este trabalho mostra potencialidades e sugestões de como e o que perguntar de forma metacognitiva durante uma atividade realizada em sala de aula. Esta Tese se ateve a exemplos de Física; porém, é possível adaptar as questões aqui formuladas a outros contextos.

4.2.2 Características dos roteiros como guias do pensamento metacognitivo

Nesta categoria, a análise é referente aos roteiros que foram elaborados, sua organização, estrutura e contribuição para evocar o pensamento metacognitivo quando são resolvidas situações-problema que envolvem conceitos da Física.

Convém informar que, para o desenvolvimento das atividades, a elaboração de roteiros-guia, envolvendo questões metacognitivas, foi primordial, pois a presença da metacognição não é comum em atividades que abrangem experimentação ou simulações, como já relatado no Capítulo 2, na seção 2.3, sobre o estado do

conhecimento desta tese. Para Rosa (2011), os alunos não estão habituados a parar e pensar acerca do que estão fazendo. Perante esse contexto, apostou-se, como suporte didático, em roteiros-guia com o intuito de lhes proporcionar “momentos de parada” para avaliarem suas ações e conhecimentos, ou seja, um “chamar a atenção” para refletirem sobre o processo e o desenvolvimento do que estavam/estão realizando. O tipo de roteiro, aberto ou diretivo, e os temas de cada intervenção estão indicados na Figura 11.

Figura 11 - Tipos e temas dos roteiros

Intervenção 1	Intervenção 2	Intervenção 3
<ul style="list-style-type: none"> • Roteiro aberto • Queda livre • Questionário escrito e individual 	<ul style="list-style-type: none"> • Roteiro diretivo • Atrito • Questionário escrito e em grupo 	<ul style="list-style-type: none"> • Roteiro aberto • Pêndulo Simples • Questionário oral e em grupo

Fonte: da autora (2021).

A opção por mesclar roteiros livres e diretivos se deveu à professora/pesquisadora, pois, pelo fato de estar com sujeitos de Ensino Superior, acreditava que muitos deles já poderiam ter seus caminhos metacognitivos traçados. Em efeito, Flavell, Miller e Miller (1999) sustentam que, à medida que as crianças se desenvolvem, agregam mais aprendizado e aprendem a jogar o jogo do pensamento. Brown (1978) corrobora essa ideia ao afirmar que é na adolescência que as capacidades cognitivas aumentam. Outra justificativa para a escolha foram os resultados da análise do teste-piloto, apresentados na seção 4.1 deste capítulo.

Em cada roteiro-guia, a descrição da situação-problema e seus questionamentos contribuíram para o processo de explicitação de momentos metacognitivos, pois, como os alunos trabalhavam em grupos, um integrante acabava lendo o roteiro-guia em voz alta para os demais, fato que acabou favorecendo a evocação de elementos metacognitivos. Para Paris, Wasik e Turner (1991), iniciar uma leitura em voz alta para o grupo é o indício de um processo de monitoração da compreensão e que levará a outros igualmente significativos elementos metacognitivos, colaborando também para uma leitura mais eficaz do texto.

Assim, apostou-se em roteiros-guia que tivessem a presença de perguntas com caráter metacognitivo como forma de o aluno expor seu pensamento. Tais questionamentos:

[...] permitem ao aluno a constante revisão de seu pensamento e o controle de suas ações. Esses questionamentos metacognitivos podem ser utilizados pelo professor orientando com perguntas a ação dos alunos ou mesmo serem utilizados na forma de um autoquestionário em que os alunos elaboram perguntas que os orientam em suas ações (ROSA; MENESES VILLAGRÁ, 2020, p. 63).

As perguntas não precisam ser específicas da atividade; podem ser de caráter geral, o que facilita o processo de organização do professor no momento de planejar a tarefa. Para Rosa (2011),

[...] tais questionamentos representam um veículo de interlocução entre os alunos e seus pensamentos, cuja importância decorre de sua falta de hábito de pensar e também da possibilidade de que tais questionamentos possam vir a se tornar um guia metacognitivo, possibilitando sua utilização em diferentes tarefas, inclusive fora do contexto escolar (ROSA, 2011, p. 148).

Quanto ao momento de apresentar esses questionamentos ao aluno, a literatura não especifica e apresenta diferentes possibilidades de organização, podendo ser incluídos no material didático utilizado quando os discentes estão desenvolvendo alguma atividade (roteiro-guia escrito), ou ser expresso oralmente pelo professor. Em ambos os casos, o importante é que, para cada uma das componentes e seus respectivos elementos, seja oportunizada essa reflexão, incluindo perguntas que provoquem nos alunos a ativação do pensamento metacognitivo (ROSA; MENESES VILLAGRÁ, 2020). Para isso, Rosa (2011) estruturou um conjunto de questionamentos metacognitivos que podem ser adaptados pelos professores, apresentado no Quadro 6, do Capítulo 3 desta Tese.

A aplicação de questionários em pesquisas não é uma novidade; o diferencial nesta Tese está na forma de perguntar. As questões foram elaboradas com o intuito de levar o aluno a parar, pensar e refletir sobre como planejou e procedeu a atividade. Esse conjunto de ações, no processo de resolução de uma situação-problema, ampliou e qualificou a aprendizagem, pois a turma pesquisada, além de aprender, demonstrou indícios de que identificou como aprendeu. Os relatos E3 e E16 confirmam, na segunda intervenção aplicada, confirmam o dito:

Usando o simulador retiramos os dados necessários para descobrir os coeficientes. Aplicamos força máxima para determinar a força de atrito estático máxima, após com o bloco em movimento descobrimos a força de atrito cinético e a massa do objeto. Com os dados coletados, aplicamos a fórmula e descobrimos os coeficientes de atrito estático e cinético.

A metacognição tem sido apontada por pesquisadores da área de Psicologia e da Educação como um dos principais aspectos que qualificam a aprendizagem (HATTIE, 2009, 2012). Logo, faz-se necessário inserir questionamentos metacognitivos no ensino de Ciências e, em especial, nas atividades que envolvem resolução de situações-problema. A proposta utilizada neste estudo trabalhou com diferentes formas de inserção dos denominados questionários metacognitivos. Neste sentido, realizaram-se perguntas com caráter metacognitivo, respondidas durante e também ao final da atividade, tanto de forma escrita como oral.

O intuito de aplicar um questionário ao final da atividade e de forma individual deveu-se ao fato de ser impossível os participantes se manifestarem, no pequeno grupo, de modo simultâneo; mas, interrogados individualmente, poderiam expressar ideias que ainda não haviam sido proclamadas. O questionamento individual, ao final da atividade, ocorreu de forma escrita por meio de questionário respondido pelos formulários do *Google* para a primeira intervenção.

Para a segunda intervenção, o questionário também foi escrito; porém, respondido no grupo. Já para a terceira, optou-se pela oralidade, com algumas perguntas sendo feitas durante a realização da atividade e outras, ao final. O questionamento realizado no próprio grupo e não individual permitiu que seus integrantes o respondessem de maneira descontraída. Todas as respostas foram registradas em áudio e, posteriormente, transcritas. No Quadro 10, estão algumas perguntas de caráter metacognitivo de cada uma das intervenções.

Quadro 10 - Algumas das perguntas metacognitivas utilizadas nas intervenções

Intervenção 1	Intervenção 2	Intervenção 3
Respondida de forma escrita e individual	Respondida de forma escrita em grupo	Respondida de forma oral e em grupo
1. Quais conhecimentos sobre o tema você tinha para desenvolver a atividade? 2. Como o grupo planejou resolver a questão? Houve mudanças de planos no decorrer da resolução? Se sim, quais? Comente. 3. Você adquiriu novos conhecimentos com esta atividade? Se sim, quais? 4. Descreva as estratégias utilizadas pelo seu grupo no desenvolvimento da	1. Quais conhecimentos sobre o tema trabalhado você tinha antes de desenvolver a atividade? 2. Durante o desenvolvimento das atividades, o grupo teve de mudar de estratégia para conseguir chegar ao resultado e alcançar o objetivo da atividade? Se sim, descreva quais foram as mudanças. 3. Qual das atividades você gostou mais de	1. Quais conhecimentos sobre o tema trabalhado você tinha antes de desenvolver a atividade? 2. O grupo optou pelo experimento com material concreto ou pela simulação? Por que? 3. Após a escolha do grupo, ocorreu o seu desenvolvimento. Neste contexto, houve mudanças de planos no decorrer da resolução? Se sim, quais? Comente.

<p>situação. Você pensa que tais estratégias poderiam ser utilizadas novamente em uma situação semelhante a essa? Comente.</p> <p>5. Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar a atividade com seu grupo de trabalho?</p> <p>6. Os materiais disponíveis, tanto físicos como virtuais, foram suficientes para resolver a situação-problema e responder às questões? Teve algum que foi relevante e merece ser destacado? Se sim, qual e por quê?</p> <p>Se tivesse de contar a alguém sobre a aula, você se sentiria em condições de descrever o que foi feito e explicar os resultados encontrados? Comente.</p>	<p>realizar, a experimental ou a simulação? Explique por quê.</p> <p>4. Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar a atividade com seu grupo de trabalho? Você adquiriu novos conhecimentos com esta atividade? Se sim, quais?</p>	<p>4. Os materiais disponíveis, tanto físicos como virtuais, foram suficientes para resolver a situação-problema e responder às questões? Teve algum que foi relevante e merece ser destacado? Se sim, qual e por quê?</p> <p>4. Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar a atividade com seu grupo de trabalho? Você adquiriu novos conhecimentos com esta atividade? Se sim, quais?</p> <p>5. Descreva detalhadamente o passo a passo de como o grupo chegou ao objetivo proposto na atividade.</p>
--	--	---

Fonte: da autora (2021).

Cabe destacar que os questionamentos foram adaptados para cada intervenção; porém, foi mantido o objetivo da pergunta que era explorar cada um dos elementos metacognitivos. As adaptações foram realizadas para que não ocorressem repetições de perguntas, bem como a maneira de formulá-las, evitando, assim, respostas automáticas.

No que se refere à estrutura dos roteiros-guia, a primeira intervenção (APÊNDICE 2) iniciou apresentando os materiais disponíveis e os links de acesso aos simuladores *online*. Na sequência, descreveram-se o objetivo do roteiro e a situação-problema proposta. No roteiro, constam seis perguntas de caráter metacognitivo, feitas durante a realização da tarefa: *Com base em que conhecimentos vocês responderam às questões anteriores? Vocês tinham pensado nessas equações no item anterior? Justifiquem. Que resultado o grupo havia previsto para a questão problema no início da atividade? Como esse resultado se relaciona com o encontrado ao final da atividade? Se houve mudanças no resultado esperado, quais e por quê?* Na sequência, estão transcritas algumas das respostas dos alunos:

Baseou-se em todas as questões vistas anteriormente em aula e se fez uma comparação, tentando entender qual era o conceito e o que era necessário aplicar (Q1 E1).

Primeiramente, foram especulados um tempo e uma velocidade na qual a massa indicada chegaria ao chão. A partir disso tentamos aplicar esses dados nas fórmulas, mas não deu certo pois não nos lembramos que poderíamos ter usado a fórmula de Torricelli. Então pensamos em fazer uma simulação com uma bolinha de 24 g em uma queda de aproximadamente 3 metros de altura. Com isso feito, obtivemos o tempo de 2,5 segundos. Tal simulação nos deu uma melhor noção de espaço e tempo (Q1 E11).

Percebe-se que as perguntas promoveram momentos de comparação com outras atividades, reflexão e identificação de estratégias de resolução e reconhecimento de mecanismos que favoreceram a aprendizagem. Além dessas seis questões, ao finalizarem a atividade, os alunos responderam, individualmente, a outras sete de caráter metacognitivo, que se encontram no Quadro 10, pelo formulário do *google*. A escolha desse recurso se deveu à facilidade no processo de organização dos dados e análise por este organizar, automaticamente, as respostas em uma planilha. Essa praticidade auxilia também o professor na aplicação de outro tipo de questionário, pois, após a entrega, dependendo do tipo de pergunta, ele tem condições de prever as respostas, visto que o formulário também pode apresentar os resultados em forma de gráficos.

Algumas das perguntas do questionário final foram: *Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar a atividade com seu grupo de trabalho? Como o grupo planejou resolver a questão? Houve mudanças de planos no decorrer da resolução? Se sim, quais? Comente: Se você tivesse que contar a alguém sobre a aula, você se sentiria em condições de descrever o que foi feito e explicar os resultados encontrados? Comente.* Estas foram algumas das respostas:

Antes eu não lembrava de certas leis, características e propriedades e depois da atividade relembrei e aprendi coisas novas (Q1 E8).

A estimativa foi baseada na observação da altura da sala de aula, tentando imaginar essa altura multiplicada por 8 para chegar nos 30 m. Tentamos imaginar um objeto de 30m caindo dessa altura, baseando-se em quedas que já presenciemos. Além disso visualizamos várias simulações que foram disponibilizadas no ambiente virtual, para ter uma noção. Para chegar ao real resultado, buscamos auxílio da bibliografia básica da disciplina e chegamos a fórmula (Q1 E2).

Sim. Depois desta aula creio que conseguiria explicar o conceito de queda livre para outras pessoas, citando os exemplos que nos foram mostrados com as simulações (Q1 E1).

Pelas respostas, pode-se inferir que houve indícios de pensamento metacognitivo quando os alunos estabeleceram conexões com o que já sabiam e o aprender “coisas novas” como relatado por E8. A narrativa de E2 aponta planejamento

e autorregulação ao detalhar as estratégias utilizadas para atingir o objetivo; já E1, ao afirmar que se sentia seguro para explicar esse conceito, evidencia a presença da aprendizagem: *compreendi o conceito de velocidade do corpo, o tempo que demora a atingir o solo e a sua aceleração (Q1 E1)*. A escolha por aplicar um questionário individual ao término da atividade ocorreu pelo fato de que, no decorrer do seu desenvolvimento, nem todos se manifestaram e, além disso, ao responderem, de certa forma, acabaram se monitorando, pois precisaram recordar as ações e discussões realizadas durante a execução da atividade como é relatado por E6:

Primeiro pensamos em observar os materiais virtuais disponibilizados e tentar relaciona-los com nosso problema, a partir disto testamos na prática como seria a queda de uma bolinha a uma altura de 10m e qual seria sua velocidade. Com as observações feitas e os conhecimentos básicos sobre queda livre, começamos a testar diversos cálculos afim de avaliar qual seria o mais adequado para chegar aos resultados de cada questão. Acredito que sim, mas tentaríamos ser mais rápidos nas associações entre conteúdos da física (Q1 E6).

Na segunda intervenção (APÊNDICE 3), o roteiro foi sobre o conteúdo atrito e mais diretivo se comparado ao primeiro, direcionando os recursos que deveriam ser utilizados. A proposta na situação 1 era que utilizassem um dinamômetro para “puxar” um bloco de madeira sobre uma folha de papel veludo, identificando as forças necessárias para colocar o bloco em movimento e mantê-lo com velocidade constante. Na 2, a orientação foi a mesma; porém, a atividade seria realizada por meio de um simulador que representava uma situação semelhante.

Essa intervenção envolveu quatro perguntas metacognitivas, adaptadas da intervenção 1 e indicadas no Quadro 10. Elas foram aplicadas novamente pelo *google* formulário; contudo, respondidas em grupo ao final da atividade. Apenas duas foram respondidas durante a realização da atividade, sendo uma delas *descreva detalhadamente o passo a passo de como o grupo chegou aos valores dos atritos estático e cinético*. Na sequência, algumas das respostas:

1º Montagem do experimento; 2º Identificação das forças de atrito estático e cinético com a utilização do dinamômetro; 3º Identificação da massa do corpo com auxílio da balança, para calcular a força peso que resultou em 1,028 N a qual também equivale a força Normal; 4º Utilizou-se as fórmulas dos coeficientes para calcular o valor dos mesmos (Q2 E1; Q2 E7).

Fizemos uso do dinamômetro para medir a força necessária para tirar o bloco de madeira do repouso (atrito estático) e para mantê-lo em movimento (atrito cinético). Medimos também a massa do bloco e em seguida aplicamos a fórmula dos coeficientes (Q2 E3; Q2 E16).

A segunda questão respondida durante a realização da atividade foi descreva detalhadamente as estratégias que foram utilizadas para alcançar os objetivos da atividade. Seguem algumas das respostas:

Comparar várias situações no simulador como corpo com e sem aplicação de força, com e sem atrito, com massas diferentes (Q2 E1; Q2 E7).

Primeiro aplicamos força até o objeto se mover. Depois observamos as mudanças na força de atrito apresentada pelo simulador conforme a força era aplicada. Em seguida realizamos o cálculo da força Normal e os cálculos dos coeficientes (Q2 E2; Q2 E6).

Primeiro usando o simulador retiramos os dados necessários para descobrir os coeficientes. Aplicamos força no objeto até descobrir qual a força aplicada máxima em que ele continue em repouso (força de atrito estático). Após com ele em movimento, descobrimos a força de atrito cinético, e a massa do objeto. Com os dados aplicamos na fórmula e descobrimos os coeficientes de atrito estático e cinético (Q2 E3; Q2 E1).

As respostas nos reportam às ideias de Rosa (2014), pois, ao analisá-las, percebemos indícios de monitoramento quando os alunos destacam o passo a passo e a avaliação. Em efeito, chegaram ao resultado e o consideraram válido para ser relatado como resposta a essas perguntas.

Na terceira intervenção (APÊNDICE 4), que tratou do tema período e frequência do pêndulo simples, aplicou-se novamente um roteiro aberto, isto é, coube ao aluno escolher qual recurso utilizar. Os materiais práticos para a construção do pêndulo (fio, suporte metálico, massa para ser suspensa, transferidor e tesoura) foram dispostos sobre a mesa, assim como o *Chromebook*. Nessa atividade, os alunos podiam construir um pêndulo de vinte centímetros e, em seguida, de quarenta, sessenta e oitenta e, para cada uma das medidas de comprimento, realizar as de tempo para dez oscilações completas, considerando ângulos próximos de 5° , ou optar por um simulador que reproduzia o mesmo experimento; porém, de forma virtual. A diferença do primeiro roteiro em relação ao terceiro, é que, neste, realizaram-se os questionamentos metacognitivos somente de maneira verbal pela professora/pesquisadora, ou seja, por intermédio de uma conversa durante a realização da atividade.

A escolha do questionamento oral teve o intuito de evitar respostas repetidas já dadas nos questionários anteriores e conversar um pouco mais com cada aluno sobre o processo de escolha das estratégias. Não foi uma entrevista, tampouco um questionamento massivo, por isso pode ser caracterizado como um momento de conversa. Esta ocorreu no grupo e responderia quem se sentisse confortável para tal. Pelo fato de esta intervenção ter sido a terceira e ocorrido no final do semestre letivo,

a forma oral de questionamento foi produtiva, pois, praticamente, todos os integrantes do grupo se manifestaram. Isso pode estar associado ao fato de já estarem familiarizados com os colegas e com a metacognição, além de perceberem que, nas evocações de pensamento, eles poderiam evoluir em relação à sua aprendizagem. Acrescenta-se que, ao exporem suas ideias, corretas ou não, não eram reprimidos pela professora/pesquisadora; ao contrário, ela os encorajava a refletirem e responderem a uma nova pergunta.

No que consiste à análise do roteiro- guia da primeira intervenção, os alunos pouco solicitaram o auxílio da professora/pesquisadora no que se refere à interpretação das perguntas; talvez, em razão da clareza da escrita. Vale lembrar que esse roteiro já havia sido validado, pois foi aplicado como teste-piloto, e reformulações já tinham sido efetivadas no respectivo roteiro-guia.

Quanto ao roteiro da segunda intervenção, informa-se que todos os grupos desenvolveram a atividade com êxito e sem apresentar dificuldades de interpretação. No que concerne à tarefa, os alunos, inicialmente, realizaram as medidas no experimento prático e, em seguida, no simulador sugerido conforme solicitado no roteiro. As facilidades por eles demonstradas no trabalho com o experimento prático e a familiaridade com o recurso virtual ocorreram porque já haviam desenvolvido atividades com tais recursos. No que se refere à manifestação do pensamento metacognitivo, foi a intervenção que mais gerou dados, proporcionando muitos comentários e discussões. Isso, talvez, esteja associado ao fato de terem que utilizar, no mínimo, dois recursos (experimental e virtual). Além disso, trabalharam juntos no uso experimental, auxiliando-se mutuamente na coleta de dados. Sobre isso, Santos e Nagashima (2017, p. 105) sublinham:

As atividades realizadas em grupo, de forma conjunta, oferecem enormes vantagens, que não estão disponíveis em ambientes de aprendizagem individualizada. [...]. Além disso, o trabalho colaborativo possibilita o resgate de valores como o compartilhamento e a solidariedade – que se foram perdendo ao longo do caminho trilhado por nossa sociedade, extremamente competitiva e individualista.

Consoante ao roteiro da terceira intervenção, ele também não causou dúvidas aos alunos. Um aspecto relevante nele é que, mesmo não direcionando para o recurso que poderia ser utilizado para resolução da situação-problema, foram elaboradas perguntas possíveis de serem respondidas por meio da utilização do recurso (experimental ou simulação), como por exemplo: *Se o mesmo experimento fosse realizado na Lua, como os valores de período (para mesmos valores de comprimento)*

se comparariam com os valores medidos na Terra? Essa é uma questão que, mediante a simulação, poderia ser respondida por ser possível realizar os testes virtuais e simulá-los com a gravidade da Lua. Outra forma de os estudantes encontrarem a resposta seria calculando. Nesse roteiro, em especial, as perguntas tiveram o propósito de provocá-los a utilizar um ou outro recurso disponível para a resolução da situação-problema; contudo, a escolha majoritária foi a simulação e não a experimentação.

É oportuno destacar que, nesta prática pedagógica, que envolveu três intervenções, os alunos, especialmente nos roteiros abertos, puderam escolher diferentes caminhos para resolver as questões propostas. Em efeito, houve grupos que optaram pela exploração dos recursos experimentais; alguns, pelos virtuais disponíveis como apoio; já outros pesquisaram na internet, ou consultaram livros e materiais da disciplina ou ainda se utilizaram de ambos. Essa diversidade de pensamentos e construções de caminhos só foi possível graças à flexibilidade do roteiro.

Sobre as escolhas das situações-problema descrita nos roteiros, trata-se de situações comuns e presentes no dia a dia, como queda dos corpos, empurrar ou puxar um objeto e utensílios suspensos que podem oscilar, todos elaborados pela professora/pesquisadora. Em termos metacognitivos, trabalhar situações do cotidiano dos alunos ativa os seus pensamentos e as lembranças na forma de experiências metacognitivas com o intuito de evocar o pensamento metacognitivo, propiciando-lhes a construção de um novo conhecimento (ROSA, 2011).

A ação de estimular no aluno a vontade de aprender, de querer encontrar a solução para o problema apresentado, de acordo com a referida autora, leva-o a ativar mecanismos de regulação que lhe mostram diferentes possibilidades, dentre as quais ele deve selecionar a mais adequada, o que favorece suas aprendizagens e a compreensão de como aprender. Os depoimentos de E3 e E7 corroboram essa ideia:

Acredito que sim. Os exemplos práticos levados em aula, o fato de poder discutir, dialogar com os colegas a respeito do assunto, contribuíram significativamente para um maior entendimento de como funciona a queda livre, de como o ar é uma forma de resistência, além de que as explicações foram passadas de modo claro e objetivo, o que, a meu ver, facilita muito a compreensão (Q1 E3).

Depois da realização da atividade, além dos conceitos, foi mais fácil compreender o motivo que isso ocorre, como ocorre, e a maneira com que o objeto se comporta (Q1 E7).

Rosa (2011) complementa que o uso de estratégias mantém o aluno atento à situação, o que representa a entrada para a construção do conhecimento e a compreensão de como este poderá ser estruturado em seu pensamento. Sobre isso, E3 declara que: *Certamente foi de grande valia a atividade, pois informações que eu tinha anotado e estavam um tanto "vagas", tiveram sentido quando aplicadas na prática. Observar atentamente os links, seus detalhes, os experimentos, contribuíram muito para uma maior fixação do conteúdo abordado (Q1 E3).*

Nas intervenções e no roteiro-guia, também se fizeram perguntas específicas sobre o conteúdo de Física, com o intuito de evocar conceitos já trabalhados na disciplina, tentando perceber se estes seriam lembrados. Neste seguimento, a transcrição de alguns questionamentos:

- 1) Há força de atrito exercida sobre um corpo parado? Em caso afirmativo, em que condições?
- 2) Compare o valor do coeficiente de atrito cinético com o coeficiente de atrito estático, obtido experimentalmente. Seus resultados estão de acordo com a previsão teórica de que $\mu_c < \mu_e$? Comente.
- 3) Caso a massa seja aumentada, mas mantida a mesma área de contato com a superfície, em ambas as situações, os valores dos coeficientes mudam ou permanecem os mesmos? Justifique.

Em termos de pensamento metacognitivo, para alguns alunos foi automático e, rapidamente, expuseram exemplos e situações que tinham na memória, não só da aula de Física na Graduação, mas também da época de Ensino Médio:

Tinha o conhecimento de que existia força, mas não saberia diferenciá-las e caracterizar especificamente cada uma [...] (A2 E9).

Tinha o conhecimento de que queda livre geralmente despreza a resistência do ar e, assim não importa o tamanho ou peso de um objeto, se ele cair juntamente com outro objeto, de uma certa altura, em queda livre, os dois atingirão o solo ao mesmo tempo e com mesma velocidade (Q1 E11).

Eu vi qualquer coisa no ensino médio [...] a base é do ensino médio e eu não lembrava nada, praticamente nada (Q1 E11).

Noções básicas das aulas de ensino médio (Q1 E7).

Em efeito, tais lembranças favoreceram o processo de aprendizagem, pois os respondentes conseguiram ativar mecanismos cognitivos e fazer conexões com o que estava sendo apresentado. Para Rosito (2003), as boas atividades se fundamentam na solução de problemas, envolvendo questões da realidade dos alunos que possam ser submetidas a conflitos cognitivos.

Outro aspecto a ser considerado nas intervenções propostas foi o objetivo traçado para cada atividade. Para Flavell (1979), ele deve ser claro e estar presente durante todo o processo de desenvolvimento da atividade, pois isso mantém os alunos cientes do que precisam fazer e maneira de agir para tal, o que estimula suas regulações metacognitivas. Para o citado autor, conforme Rosa (2011, p. 41):

[...] o objetivo da atividade pode atuar como estímulo à evocação do conhecimento, à identificação pelo aluno do que ele sabe ou julga saber de si mesmo em relação ao conteúdo ou à execução da atividade, assim como pode incitar seus sentimentos em relação a tarefa.

Por isso, após o contato inicial dos alunos com o roteiro-guia, a situação-problema proposta sempre era lida, em voz alta, e explicada pela pesquisadora/professora para toda a turma. Cabe também destacar a sua importância (dos roteiros-guia) no desenvolvimento dos trabalhos da professora/pesquisadora. Como o nome já remete, foram guias que orientaram as atividades e ações dos alunos. De fato, eles possibilitaram a manifestação metacognitiva por meio dos questionamentos, orientando os discentes em seus grupos de trabalho, além de lhes proporcionar momentos de reflexão e autoconhecimento, bem como aos colegas. Ademais, possibilitaram pensar sobre os procedimentos adotados para encontrar a solução da situação-problema proposta.

Os roteiros- guia demarcaram a função do professor e dos alunos diante da atividade proposta, proporcionando momentos de autonomia para ambos. Segundo Chi *et al.* (1989), para que o pensamento metacognitivo seja um recurso de aprendizagem, é preciso evocar o pensamento de modo explícito, seja pelo livro, professor, roteiro ou por um questionário. Neste sentido, o roteiro- guia se torna uma ferramenta prática e adaptável para o docente utilizar em diferentes conteúdos e contextos.

Esta tese comprova que roteiros são importantes no processo do desenvolvimento do pensamento metacognitivo do aluno, sejam eles abertos ou diretivos, com perguntas metacognitivas respondidas de forma escrita ou oral. O essencial é que eles sejam planejados com clareza em relação ao objetivo que se deseja atingir. Nas três intervenções realizadas, houve a presença do pensamento metacognitivo, manifestado pelos seus elementos, como apresentado na seção 4.2.1.

Posto isso, pode-se inferir que a escolha e direcionamento de trabalhar com roteiros diretivos ou livres depende do perfil da turma e o que se pretende explorar. Embora se deseje a liberdade e autonomia aos alunos, muitos ainda não conseguem

lidar com isso e dependem da orientação do professor. Rosa (2011) propõe que se dê preferência a trabalhos com roteiros mais diretivos enquanto houver estudantes não habituados com o processo metacognitivo e, à medida que eles se familiarizam com atividades desse tipo, gradativamente, promover a sua liberdade e autonomia. Esse processo demarca um movimento gradual de responsabilidades com a aprendizagem que migra do professor para o aluno.

Em aspectos gerais, o que é essencial e deve ser considerado na elaboração de um roteiro-guia pela análise dos dados desta Tese é:

- Apresentar questões metacognitivas.
- Ter um objetivo claro traçado para a atividade proposta.
- Oportunizar o uso de diferentes recursos.
- Trabalhar com situações próximas da realidade e de conhecimento do aluno.
- Apresentar questões específicas do tema que está sendo explorado.

Além disso, destaca-se que os roteiros aqui apresentados se diferenciam dos apresentados por Rosa (2011) no aspecto de que foram inseridos outros recursos, além do experimental, e que as perguntas metacognitivas, embora tivessem o mesmo objetivo nos três roteiros, estas foram abordadas de diferentes formas: escrita e oral e em diferentes momentos: individual e em grupo.

A forma de inserção ao tema é essencial para que o aluno consiga resgatar de sua memória o que sabe sobre ele (pessoa) e o associe a algo conhecido ou já realizado (tarefa). Perguntas que explorem a construção de uma hipótese, por exemplo, promovem o pensar em estratégias e planificação de como executá-las (estratégia e planificação). Retomar o objetivo da atividade, de forma constante, durante a atividade, fomenta a monitoração e a autorregulação do processo (monitoração) e, ao final, analisar o processo, passo a passo, e verificar se foi o melhor caminho escolhido (avaliação). Infere-se que as etapas que evocam cada elemento podem ser viabilizadas por meio de perguntas conforme realizado nesta Tese.

4.2.3 Uso de recursos para evocação do pensamento metacognitivo

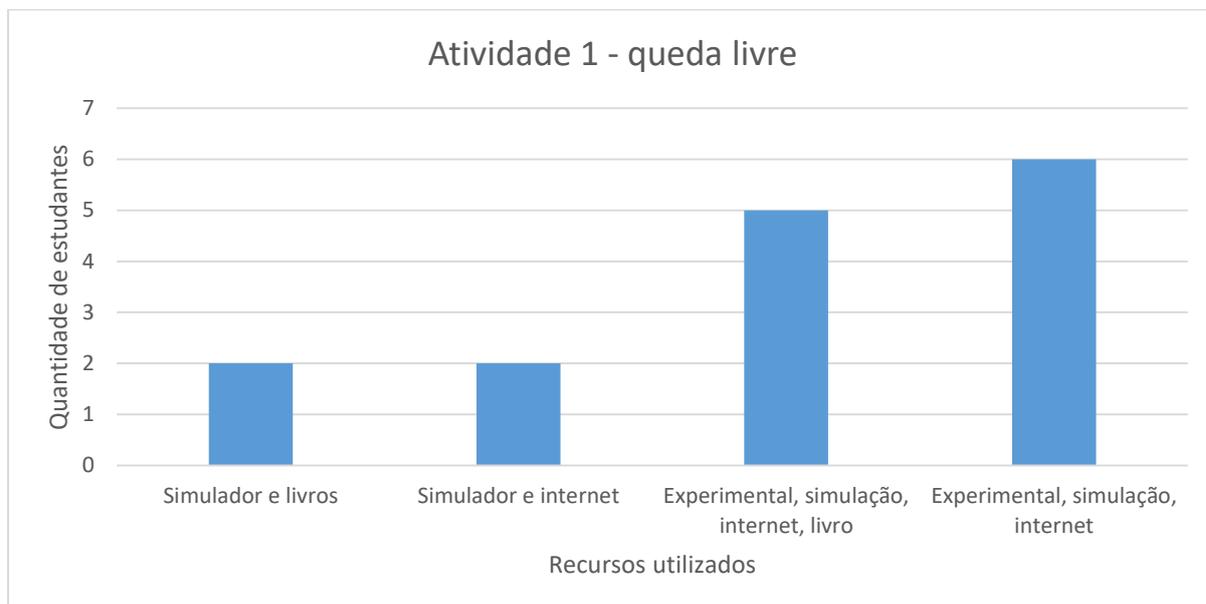
Nesta categoria, discute-se a utilização dos diferentes recursos para a solução das situações-problema propostas nos roteiros-guia e evocação do pensamento metacognitivo. A análise foi realizada em cada uma das três intervenções com base nos recursos disponíveis aos alunos. Entende-se como recursos os materiais para o

experimento prático disponível sobre as mesas de trabalho: os *links* de acesso aos simuladores; materiais de aula, como anotações e resumos; acesso livre à internet e livros didáticos. O termo internet foi empregado sempre que os alunos acessavam sites de busca de pesquisa. Tanto as simulações como o uso da internet ocorreram por meio de *chromebooks* que estavam à disposição da turma. Em relação à consulta de livros didáticos, alguns discentes possuíam exemplares de referência básica da disciplina; outros foram disponibilizados pela professora/pesquisadora em uma mesa da sala de aula. Cabe destacar que, embora houvesse diversos recursos disponíveis, a atenção neste trabalho esteve voltada principalmente ao recurso experimental e às simulações computacionais e suas relações com a metacognição.

Para iniciar a discussão dos dados emergentes da pesquisa, efetivou-se a análise dos recursos que foram utilizados na primeira intervenção. Assim, na Figura 12, há um gráfico que mostra os recursos usados na primeira intervenção, principalmente a experimentação, as simulações, a internet, seguidas do uso do livro didático. O primeiro – experimentação – refere-se à reprodução da situação-problema com materiais similares que estavam à disposição sobre a mesa de trabalho. O segundo – simulações - diz respeito ao acesso a cinco *links* que envolviam queda livre¹⁴, em que os alunos podiam alterar parâmetros envolvidos, como massa e altura de queda dos objetos.

¹⁴ Cadê o ovo que estava aqui? <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10534>
Queda natural: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10528>
Bungee jump: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10533>
O paraquedista: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10537>
A queda desesperadora: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10524>
As bexigas: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10577>

Figura 12- Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre queda livre



Fonte: da autora (2020).

Embora com um roteiro flexível, sem a obrigatoriedade de usar os recursos disponíveis, nesta atividade, onze participantes utilizaram, no mínimo, três distintos; por sua vez, quatro consultaram apenas dois (simulador e livros; simulador e internet). Salienta-se que o uso da tecnologia prevaleceu, pois se fez presente tanto na simulação quanto no termo internet. De acordo com Pessanha, Pietrocola e Couso (2013, p. 1):

[...] o uso de recursos computacionais como as simulações, pode favorecer a percepção dos fenômenos e entidades pertencentes à Física. Tais aplicativos consistem em imagens dinâmicas e interativas que buscam representar algum fenômeno ou sistema que, por exemplo, não podem ser observados por possuírem dimensões grandes ou pequenas, ou por se manifestarem em tempos demasiadamente longos ou curtos.

Em efeito, pelo gráfico da Figura 12, constata-se que todos os alunos fizeram uso de simulações. Segundo Dorneles (2010), muitos deles declaram que as simulações permitem compreender conceitos físicos de forma mais generalizada, proporcionando-lhes a oportunidade de desenvolver raciocínios metódicos. Arantes, Miranda e Studart (2010) corroboram essa ideia quando afirmam que simulações computacionais podem influenciar o desenvolvimento de habilidades particulares nos educandos, como a criatividade. Os autores também concordam que elas são uma ferramenta eficaz no auxílio da compreensão de conceitos científicos e colaboram com o trabalho do professor na medida em que facilitam os processos de ensino e de aprendizagem e contribuem para que os estudantes se tornem mais independentes.

Nessa atividade, treze dos quinze sujeitos participantes utilizaram a internet como fonte de consulta ou pesquisa, uma prática comum entre os alunos por ser uma ferramenta completa e de fácil acesso. Segundo Valente (2008, p. 64):

O uso do computador possibilita a interação e participação do aluno por sua condição chamativa, além do que a internet é um veículo de comunicação e interação, recheada de informações, de possibilidades e que, se utilizada corretamente, pode ser uma fonte vasta de conteúdos que servirão de base para abrilhantar as discussões em sala de aula.

O uso de diferentes recursos pelo olhar metacognitivo pode estar ligado ao que os alunos reconhecem em seus conhecimentos pessoais e a relação que estabelecem com a execução da atividade (pessoa, tarefa e estratégia). A escolha dos treze indivíduos pela pesquisa na internet, talvez, esteja associada à sua familiaridade em utilizar essa estratégia em outros momentos (planificação). Escolher dois ou mais recursos é uma forma de confirmar ou não uma ideia inicial em diferentes contextos (monitoração e avaliação). Os fragmentos que seguem comprovam a busca e o uso de tais recursos:

Procura no google fórmulas para calcular gravidade de um objeto em queda livre velocidade = gravidade (A1 E16).

Debatemos sobre a melhor resposta, e no decorrer da atividade descobrimos coisas novas, onde gerou mudanças em nossas respostas (Q1 E5).

Conversamos bastante, e tentamos utilizar a lógica, mas não foi o suficiente. Sim diversas vezes mudamos os métodos e as opiniões, por exemplo, fizemos em prática atirar uma bolinha a 10m de altura e cronometramos os segundos que levou a queda, tentamos através de regra de três chegar a um resultado para 30m, que não deu certo, então partimos para o uso de equações e a lógica de cada grandeza vetorial, como a da aceleração e o que ela faz com a velocidade (Q1 E6).

Utilizamos bastante dos links disponibilizados, os quais foram bem úteis, pois conseguimos visualizar situações onde estava presente o assunto que estávamos abordando. Além do vídeo assistido que também foi bem importante para entender melhor (Q1 E7).

Os excertos evidenciam a diversidade de recursos utilizados. E16 utilizou a pesquisa livre na internet; E5 se valeu das discussões, já para E16, estas foram insuficientes, pois “*Conversamos bastante, e tentamos utilizar a lógica, mas não foi o suficiente*” e, diante disso, usaram a experimentação, cálculos, lógica, equações. Para E7, a opção foi o recurso tecnológico por meio do acesso aos links. Esses relatos reforçam a ideia de que o processo metacognitivo é pessoal e único, isto é, cada um deve perceber quais são suas potencialidades e como elas podem ser exploradas, sendo diversos os caminhos para que isso aconteça.

Essa questão de buscar outros recursos, identifica-se como um pensamento metacognitivo em que o sujeito reflete sobre o que sabe (pessoa e tarefa), pensa

(estratégia e planejamento) e executa a ação em busca do que precisa (monitoramento e avaliação) como pode ser verificado nos excertos a seguir:

Olha, o que tem aqui, fazendo o teste no virtual, um tem 100kg e um tem 40kg e eles chegam com a mesma velocidade (A1 E2).

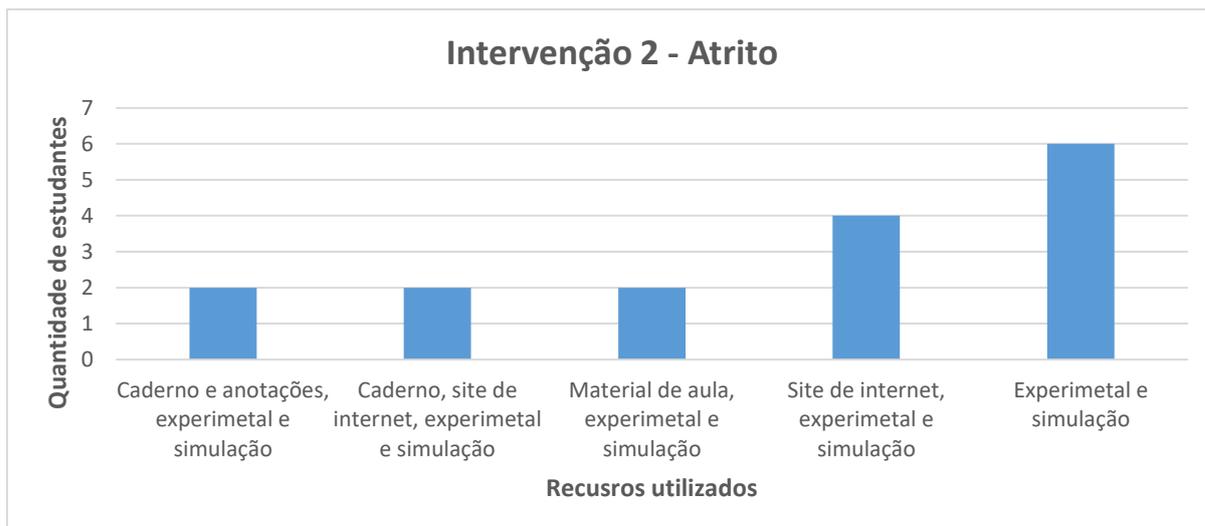
Tem um vídeo lá de um cara largando uma bola, tu chegou a ver? [...] ali eles conseguiram dentro desse lugar ali fazer um vácuo, um vácuo perfeito, eles botaram vários compressores que empurra e suga o ar até atingir o vácuo perfeito ali dentro desse negócio (A1 E9.)

Nos depoimentos, um dos alunos (E2) destaca uma situação vivenciada nos simuladores; outro (E9) cita uma câmara de vácuo que simula a queda de objetos. A busca na internet demonstra autonomia, a necessidade de mais informações e, conseqüentemente, complementar seu conhecimento.

A segunda atividade envolveu um roteiro mais diretivo, orientando os passos a seguir em cada etapa, com um formato diferente daquele aplicado nas atividades sobre queda livre. A Figura 13 contém o gráfico referente aos recursos usados que abrangeram o tema atrito, demonstrando a quantidade e quais os recursos utilizados pelos alunos no decorrer da tarefa. Pelo gráfico da citada Figura, verifica-se que seis dos dezesseis participantes utilizaram apenas os recursos sugeridos no roteiro-guia, - o experimental e a simulação. Na atividade, as duas aparecem em todos os trabalhos, pois o roteiro estava condicionado ao uso de ambas para a resolução da situação-problema proposta.

Outrossim, salienta-se que quatro alunos buscaram em sites da internet as complementações para alcançar seus objetivos. Outros quatro utilizaram registros que cada um havia realizado em seu caderno e consultado em materiais de aula, como resumos e slides disponibilizados pela professora/pesquisadora em outros momentos da disciplina. Apenas dois usaram mais que três recursos - a experimentação, a simulação, a pesquisa na internet - e o seu próprio caderno com registros pessoais.

Figura 13 - Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre atrito



Fonte: da autora (2020).

Mesmo dada a condição obrigatória do uso da experimentação e da simulação, chama atenção que dez participantes - mais da metade - buscaram outros recursos, a saber: internet, caderno pessoal, anotações ou ainda material de aula para a solução completa da situação-problema. Aliar o uso da tecnologia a outros recursos já foi observado em estudos realizados sobre a organização e integração de atividades experimentais, associadas a simulações computacionais com o intuito de potencializar o ensino de Física (DORNELES; VEIT; ARAÚJO, 2009; ZACHARIA; ANDERSON, 2003 ; JAAKKOLA; NURMI, 2008), que produziram resultados positivos, havendo um aumento considerável na compreensão de conceitos da Física, promoção de melhoria no desempenho acadêmico dos alunos e seu maior envolvimento no desenvolvimento das atividades. E4 e E11 confirmam o uso de recursos para complementar a segunda atividade:

Facilidades em realiza tarefas com o simulador, que ajuda a ter uma noção melhor do que ocorre. Utilizamos o simulador e também fórmulas para encontrar os valores solicitados. Usamos um site com os conceitos (afim de verificação) e material da aula para fórmulas e exemplos de utilização.

E2 e E6 ratificaram as enunciações dos colegas ao declararem que “*Utilizamos o caderno e a internet para verificar se nossas conclusões estavam certas*”. Já outros revelaram que: “*fez-se uso do caderno com as anotações de aula para verificar como haviam sido resolvidos exemplos parecidos*”.

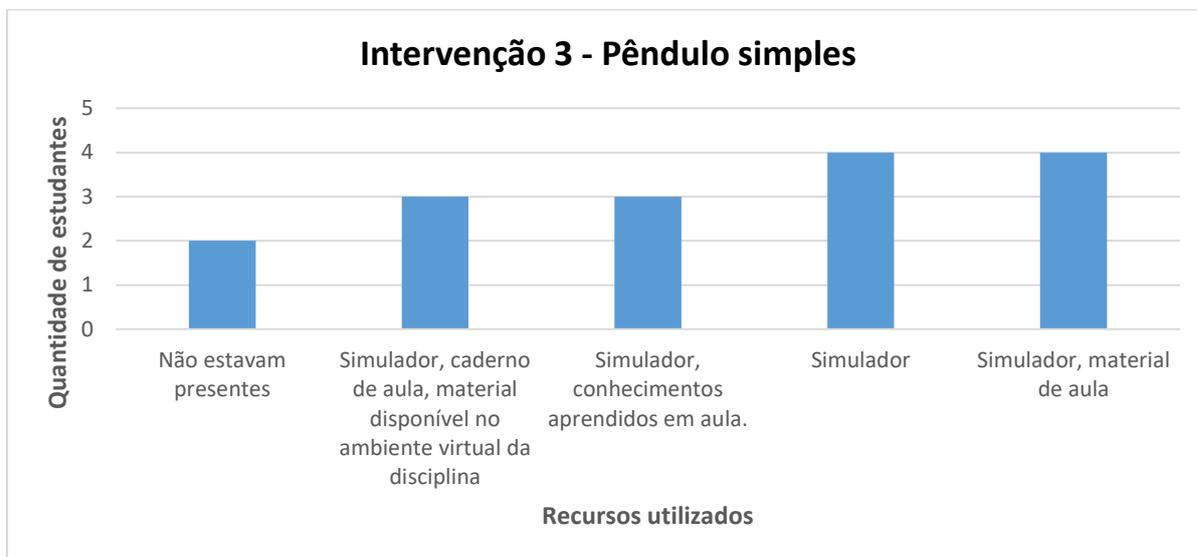
Essa consulta ocorreu principalmente para verificar conceitos ou dúvidas mais específicas em relação ao conteúdo que estava sendo discutido na situação-problema. Tanto o experimento como o simulador abordaram um determinado

conteúdo; entretanto, para a resolução da situação-problema, não bastava apenas conhecer um conteúdo em específico, o atrito; era necessário ter a compreensão de força já formada, o que, para muitos alunos, ainda estava em processo de construção. A consulta desses outros recursos aconteceu para sanar dúvidas pontuais que surgiram no momento em que se depararam com a situação-problema conforme relato da professora/ pesquisadora em seu diário de campo: *observa-se que todos os grupos utilizam os Chromebook para resolução da situação-problema proposta sobre atrito. Porém, muitos não acessam apenas o simulador sugerido, acabam fazendo buscas na internet, em diversos sites para sanar outras dúvidas que surgem no decorrer do desenvolvimento da atividade (DP).*

Ainda sobre a intervenção 2, os componentes de dupla tiveram opiniões diferentes em relação ao uso dos recursos. E2 destacou o simulador como mais interessante em razão de suas ferramentas disponíveis: *“Achei a atividade realizada com o auxílio do simulador mais interessante, pois permite resultados mais assertivos e diferentes possibilidades para testar as forças”*. Por sua vez, E6, enfatizou a relevância para a prática experimental: *“A prática experimental foi mais relevante, pois auxilia melhor para organizar o pensamento”*. Esses relatos são evidências de que diferentes recursos podem proporcionar evocação do pensamento metacognitivo e que a forma como ele está sendo explorado, assim como a escolha (do recurso) deve estar fundamentada pedagogicamente. Paula e Talim (2012) sustentam a tese de que não há sentido justificar o uso de animações, simulações e laboratórios virtuais, o que deveria se explicitar são os fundamentos pedagógicos que apoiam a escolha desses recursos em contextos educacionais. Essa afirmação pode ser aplicada também aos recursos experimentais. Assim, é importante o professor ter um propósito, um objetivo embasado em questões pedagógicas e não utilizar o recurso apenas como atração nas aulas.

Na terceira atividade, que envolveu o tema período e frequência de um pêndulo simples, voltou-se a trabalhar com um roteiro “livre”, deixando a escolha dos recursos novamente aos alunos, mas sempre lhe oferecendo a possibilidade de utilizarem a experimentação e a simulação em seus planejamentos e estratégias. Na Figura 14, estão expostos os recursos que foram utilizados pelos sujeitos desta pesquisa no decorrer da terceira intervenção.

Figura 14 - Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre pêndulo



Fonte: da autora (2020).

Pelo gráfico apresentado na Figura 14, verifica-se que quatro alunos utilizaram apenas o simulador para a resolução da situação-problema. Já outros quatro, além dele, fizeram uso de materiais disponibilizados em aulas anteriores como fonte de consulta. Dos sujeitos envolvidos, três optaram pelo simulador, caderno e material disponibilizado pela professora/pesquisadora; por sua vez, outros três escolheram o simulador e conhecimentos adquiridos em aula, além de dois estarem ausentes. Na última situação-problema, em nenhum momento, o material experimental foi utilizado, pois os participantes, unanimemente, preferiram o uso do simulador.

Quando questionados sobre o motivo de utilizarem o simulador, emergiram as seguintes respostas:

Eu prefiro o virtual (A3 E4).

Porque é mais fácil e prático (virtual) (A3 E5).

Virtual, foi bem mais fácil, a gente só fez no virtual (A3 E7).

Eu acho legal, particularmente porque fornece muitas informações, daí a gente consegue ver tudo o que tá envolvido, tu vai ali e altera muita coisa que tá aqui por trás e eu não consigo entender, no simulador parece que fica claro (A3 E2).

Tais excertos evidenciam características pessoais (pessoa e tarefa) ao relatarem preferência ou facilidade pela escolha do simulador, além de reconhecerem a aprendizagem: “[...] no simulador parece que fica claro” (Monitoração e Avaliação). As afirmações vão ao encontro das ideias de Arantes, Miranda e Studart (2010) para quem há dois aspectos que são importantes para justificar o uso das atividades computacionais: o acesso fácil à internet, podendo ser pelo *smartphone* a qualquer

hora e lugar, e a habitual interação dos alunos e a acessibilidade da linguagem da informática.

Pelas expressões dos questionados, nota-se que a preferência pelas atividades computacionais se deveu à possibilidade de repetição da atividade e à maleabilidade proporcionada pelo dinamismo da ferramenta. Essas ideias também foram proclamadas por Trentin *et al.* (2005) ao defenderem que o uso das simulações permite que os alunos repitam os experimentos virtuais quantas vezes quiserem, e que o medo deles de errar é menor nos experimentos virtuais do que nos reais. Esse fato mostra que alguns estudantes se sentem mais seguros na realização das atividades computacionais em função da sua simplicidade e praticidade. A seguir, no Quadro 11 são apresentados os roteiros e os recursos utilizados em cada um deles.

Quadro 11 - Relação entre o tipo de roteiro e os recursos utilizados em cada intervenção

	Intervenção 1	Intervenção 2	Intervenção 3
Tema	Queda livre	Atrito	Pêndulo Simples
Tipo de roteiro	Aberto	Diretivo	Aberto
Recursos mais utilizados	Simulação Experimentação Internet Livro didático	Simulação Experimentação Internet Anotações pessoais	Simulação Conhecimentos aprendidos na aula Material da aula

Fonte: da autora (2021).

Ao analisar o uso de recursos nas três intervenções propostas, percebe-se uma tendência à utilização dos que envolvem tecnologias digitais, como simulações e pesquisas na internet. Nas três, todos os alunos optaram pela simulação enquanto o experimental teve a preferência de onze na intervenção 1; na 2, por ser obrigatório, todos o utilizaram; já na 3, ninguém o escolheu. A preferência pela tecnologia foi marcante tanto na primeira como na terceira intervenção, cujos roteiros eram flexíveis, e a turma, de maneira unânime, decidiu consultar a simulação e/ou pesquisar na internet para alcançar seus objetivos.

Arantes, Miranda e Studart (2010) concordam que as simulações são uma ferramenta eficaz no auxílio da compreensão de conceitos científicos e podem colaborar para o trabalho do professor na medida em que facilitam os processos de ensino e de aprendizagem e contribuem para que os alunos se tornem mais independentes. Os avanços tecnológicos no ambiente escolar trazem

desenvolvimento e novas perspectivas tanto para os estudantes quanto para os professores na forma de incentivo à pesquisa na rede, na busca de relações com outras disciplinas, instigando a curiosidade discente e auxiliando na sua interação com os demais. Além disso, de acordo com Valente (2008), uma vez sob tal influência, os discentes podem dar continuidade ao estudo dos assuntos em suas residências.

Apesar de as atividades computacionais terem sido a escolha da maioria dos alunos, alguns autores (HEIDEMANN, 2011; DORNELES; VEIT; ARAÚJO, 2009) acreditam que elas não devem substituir as experimentais, mas sim, complementá-las, de modo a auxiliar os estudantes a compreenderem as relações entre os objetos reais e virtuais. De acordo com Dorneles, Veit e Araújo (2009), os discentes mostram melhor compreensão e visão mais generalizada dos fenômenos quando utilizam ambas e de maneira integrada. Essa perspectiva parece ser promissora; porém, não foi o que ocorreu nesta pesquisa, ou seja, com o passar das intervenções, menor foi o nível de interação dos alunos com as atividades experimentais. Essa relação pode ter correlação com a praticidade do simulador, não precisar “montar” o experimento, no virtual ele já está pronto, como relata E 15: “[...] *na verdade o virtual é melhor, minha canseira não tá boa pra ficar fazendo isso aí, ainda mais que tem que ficar amarrando e trocando as bolas*”. Talvez, se fossem outras situações, envolvendo outros conteúdos, teríamos um resultado voltado à experimentação.

Nesta perspectiva de integração ou de aproximação, acredita-se que esses recursos poderiam ser escolhidos como estratégias de resolução dos alunos. Sobre os procedimentos e escolhas das estratégias de resolução, Rosa e Biazus (2020, p. 15) defendem que:

[...] o aluno não deve apenas conhecer ou utilizar um procedimento para resolver uma tarefa específica, repetindo as etapas corretas de sua utilização. Mas deve também ser capaz de avaliar as vantagens de um procedimento em relação a outro, para aquela atividade específica e refletir em como essa técnica ou procedimento pode ser útil na resolução da tarefa.

A escolha por um ou outro caminho de resolução, diante de uma atividade, também pode ser considerada um pensamento metacognitivo, pois o sujeito está se autorregulando quando precisa reconhecer seus conhecimentos e traçar uma estratégia. Em muitos casos, nesta pesquisa, a opção pelo virtual pareceu mais vantajosa, seja pela precisão na coleta de dados, construção gráfica, familiaridade com a tecnologia, ou por outras ferramentas disponíveis no simulador, conforme expressam estes excertos:

Muito importantes os materiais disponíveis. Os materiais de prática fizeram enxergar como funciona tal conceito, pois as vezes somente a escrita não fica clara, logo, os exemplos práticos ajudaram muito. Eu destaco os links apresentados, pois como estão montados de forma clara e básica, fizeram compreender de modo simples parte da teoria (Q1 E3).

Sim, ao utilizá-los em conjunto com as equações de queda livre a resolução dos problemas foram bem mais fáceis. Ao meu ver os materiais virtuais ajudaram bastante a fixar que na queda livre se despreza a resistência do ar, o que ajudou muito na hora de comparar a bolinha com o objeto de 3kg (Q1 E6).

Todos foram úteis, principalmente a bolinha, a trena e o cronômetro por causa da simulação, além dos materiais virtuais, que nos deram uma noção de que queda livre não se importa com peso e tamanho dos objetos (Q1 E11).

É que eu faço química, então tudo que é experimental pra mim é mais interessante, porque no experimental pode dar algo errado e tu aprender com o que deu errado, no simulador não [...] tu pode errar, o simulador não (A3 E6.)

Os fragmentos acima expressam a existência de um destaque para o virtual, mas o experimental não foi excluído. O tipo de roteiro, o conteúdo ou a situação-problema podem ter interferência nessas escolhas. Já no que se refere à evocação dos elementos metacognitivos, no que diz respeito aos recursos utilizados, eles foram os mais discutidos na intervenção 2 quando comparados com a 3. Essa diferença pode estar associada ao tipo de roteiro, pois, na 2, ele foi mais diretivo, e as perguntas metacognitivas, embora respondidas em grupo, foram escritas. Já na 3, teve-se um roteiro aberto, e as perguntas metacognitivas realizadas em grupo foram orais. Para Rosa e Biazus (2020, p.15), baseadas nas ideias de Monereo *et al.* (2001):

[...] o aluno não deve apenas conhecer ou utilizar um procedimento para resolver uma tarefa específica, repetindo as etapas corretas de sua utilização. Mas deve também ser capaz de avaliar as vantagens de um procedimento em relação a outro, para aquela atividade específica e refletir em como essa técnica ou procedimento pode ser útil na resolução da tarefa.

Neste sentido, a escolha por diferentes estratégias também é um processo metacognitivo, pois o sujeito precisa avaliar as vantagens de um procedimento em relação a outro para aquela situação com base em seus conhecimentos. Assim, ele planeja, regula e avalia qual o melhor caminho para a resolução da situação-problema. Portanto, disponibilizar diferentes recursos para a resolução de uma situação problema pode ser uma forma de instigar a evocação do pensamento metacognitivo, pois o aluno precisa tomar uma decisão de escolha de estratégia com base em seus conhecimentos sobre o tema e sobre as possibilidades que o recurso pode lhe proporcionar para a resolução do desafio proposto.

5 CONCLUSÃO

Chega-se à conclusão, ou, por que não dizer, ao elemento metacognitivo avaliação deste estudo. Um momento de olhar criticamente o que foi realizado, retomar e avaliar como ocorreram o processo e as ações que foram executadas para se atingir o objetivo geral desta Tese, perceber avanços e limitações, além de propostas que poderão ser desenvolvidas em estudos futuros.

A pesquisa teve como objetivo analisar indícios do pensamento metacognitivo de alunos de Engenharia, na disciplina de Física I, quando desafiados a solucionar situações-problema, em que podiam fazer uso de material experimental ou simulação computacional. Neste sentido, teve como aporte teórico a escolha dos referenciais, em especial, os da metacognição, embasados nos trabalhos de Rosa (2011) e Rosa (2014), sendo estes alicerçados em Flavell (1971) Flavell (1976) e Brown (1978), ícones na abordagem da metacognição com olhar deste trabalho. Como referência das atividades experimentais, usaram-se as ideias dos seguintes autores: Rosito (2003); Alves Filho (2000); Pavão (2011); Séré, Coelho e Nunes (2003); Reginaldo, Scheid e Güllich (2012); Hodson (1994); Galiazzi *et al.* (2001); Moreira (2014), entre outros. Já para as atividades virtuais, consideraram-se os ensinamentos de Araujo, Veit, Moreira (2008); Bittar (2011); Neide e Quartieri (2016); Giraffa (2010); Arantes, Miranda e Studart (2010); Araújo, Veit e Moreira (2012); Silva e Silva (2017); Souza e Silva (2019); Medeiros e Medeiros (2002); Borba e Vilarreal (2004); Brandão, Araújo e Veit (2008); Heidemann (2011); Dorneles, Veit e Araújo (2009); entre outros, que contribuíram para os recursos experimentação, e o uso de tecnologias conforme Moro (2015); Rodrigues (2016); Heidemann (2015); Paz (2007) e Dorneles (2010).

Assim, desenvolveu-se uma prática pedagógica, organizada em três intervenções didáticas, no Ensino Superior e na disciplina de Física I, composta de dezesseis alunos, na área de atuação da professora/pesquisadora, utilizando-se três

roteiros-guia. A pesquisa é de cunho qualitativo e para a coleta de dados foram utilizados questionários, respondidos tanto de forma escrita como oral, e, posteriormente, transcritos nos diários de campo. A análise dos dados emergentes ocorreu por meio da elaboração de categorias *a priori*, usando características de ATD e atendendo aos objetivos específicos desta Tese.

No primeiro semestre de 2019, prévia à prática pedagógica, foi aplicado um teste-piloto, período de validação do instrumento e de perceber fragilidades, com a possibilidade de reformular aspectos e melhorar o processo de coleta de dados. Além disso, o referido teste serviu para a professora/pesquisadora se familiarizar com a proposta da pesquisa, pois foi seu primeiro contato como pesquisadora do tema metacognição. O desempenho desse duplo papel - pesquisadora e professora - foi uma experiência produtiva, pois mesmo sendo uma docente que fazia/faz pesquisa, os momentos de coleta de dados foram diferentes por estarem atrelados a uma investigação mais ampla, cujos resultados não afetariam somente a sala de aula. Em relação aos das três intervenções da prática pedagógica desenvolvida no segundo semestre de 2019, eles foram organizados em categorias, elencadas *a priori* e com base nos objetivos específicos desta Tese.

Na categoria, Elementos metacognitivos e o envolvimento dos sujeitos - faz-se inferência ao objetivo específico: analisar a tomada de consciência metacognitiva com base nos elementos pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação. Por meio dos dados discutidos na referida categoria, pode-se inferir que houve a presença dos elementos metacognitivos nas três intervenções realizadas. Cabe destacar que a evidência desses elementos foi possível principalmente pela presença de perguntas metacognitivas, ao longo e ao final do roteiro-guia, realizadas tanto de forma escrita como oral, individual ou em grupo.

Nas intervenções em que as perguntas metacognitivas foram respondidas de forma escrita, obtiveram-se dados mais densos e informações mais completas. Nos questionamentos orais, as respostas foram superficiais mesmo com a intervenção da professora/pesquisadora. Cabe destacar que, independentemente da forma como foram coletadas as respostas, as referidas questões foram essenciais para proporcionar momentos de reflexão que promoveram a evocação do pensamento metacognitivo.

A categoria Características dos roteiros como guias do pensamento metacognitivo se originou do objetivo específico elaborar e desenvolver roteiros-guia,

envolvendo o uso de atividades experimentais ou simulação computacional, para resolver situações-problema, explorando conceitos da Física que permitissem fomentar o pensamento metacognitivo dos alunos de Engenharia. Nesta categoria, é apresentada a análise e a discussão sobre os roteiros-guia, em que se percebeu a importância de se trabalhar com roteiros, abertos ou diretivos, com perguntas metacognitivas escritas ou verbalizadas. Salienta-se que eles precisam ser planejados com clareza para se atingir o objetivo desejado.

Assim, conclui-se que o roteiro diretivo promoveu mais discussões se comparado aos abertos. Essa conclusão pode estar associada ao fato de naquele haver a obrigatoriedade de se utilizarem dois recursos para a resolução da situação-problema. Portanto, pode-se inferir que, se o pesquisador desejar obter mais dados e com maior pluralidade, uma das formas é propor um roteiro mais diretivo e o uso de mais recursos. Elaborado de maneira clara e objetiva e com perguntas metacognitivas, mostrou ser um aliado para promover a aprendizagem.

Na categoria Uso de recursos para evocação do pensamento metacognitivo, atendeu-se ao objetivo de explorar como o uso de diferentes recursos poderiam evocar o pensamento metacognitivo. Sobre esta análise, ficou evidente a afinidade dos alunos com o uso das tecnologias por meio das simulações indicadas ou por pesquisas na internet. No aspecto metacognitivo, quanto ao uso de recursos, o fato não está diretamente relacionado à quantidade que o sujeito utiliza ou qual, mas sim como ele se autorregula na busca pela solução da situação-problema. Pode-se inferir que a tomada de consciência metacognitiva é individual e pessoal e depende de experiências anteriores vividas pelo indivíduo e, além da experimentação e da simulação, outros recursos podem ser potencializadores do pensamento metacognitivo, como por exemplo, as discussões em grupo que emergiram nesta Tese.

Diante desta análise, retoma-se o problema que norteou este estudo: como alunos de Engenharia evocam o pensamento metacognitivo quando são desafiados a solucionar situações-problema nas quais podem fazer uso de material experimental ou de simulação computacional?

Conclui-se que, conforme apresentado no capítulo anterior, a prática pedagógica desenvolvida, mediante a utilização de recursos experimentais ou simulações computacionais, evocou o pensamento metacognitivo dos estudantes de Física de Cursos de Engenharia. Para que essa evocação acontecesse, o uso de

roteiros-guia com questionamentos metacognitivos foi essencial para o diagnóstico deste resultado. As indagações estimularam os alunos a identificarem o que sabiam em relação ao tema de cada situação-problema e quais eram as melhores estratégias para se chegar à conclusão, além de se autorregular em ao longo do processo e avaliarem suas conclusões, desenvolvendo a sua autonomia e o senso crítico.

Portanto, com esta pesquisa, foi possível compreender a metacognição como uma aliada da promoção dos processos de ensino e de aprendizagem por meio de indícios do pensamento metacognitivo dos alunos participantes deste processo. Constatou-se também que, para a evocação do pensamento metacognitivo, é essencial que sejam promovidos espaços para que os alunos se autoconheçam, reflitam e pensem sobre seus conhecimentos como forma de aprimorar seu aprendizado. Além disso, observou-se que os elementos metacognitivos (pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação) precisam atuar juntos, pois se influenciam mutuamente no sentido de auxiliar na ativação do pensamento metacognitivo.

Os sujeitos envolvidos na pesquisa, ao traçarem estratégias para a compreensão do conteúdo envolvido nas atividades dos roteiros-guia, com o auxílio de diferentes recursos, entre eles, das atividades experimentais e das simulações computacionais, apresentaram melhoras nos processos de aprendizagem e no conhecimento de conceitos da Física. Esse avanço metacognitivo foi significativo não só para a disciplina de Física I, mas para outras disciplinas e a vida dos investigados. Em efeito, a escolha das melhores estratégias favorece a resolução de problemas de forma mais rápida e eficiente, otimizando o tempo e produzindo autonomia na busca de soluções.

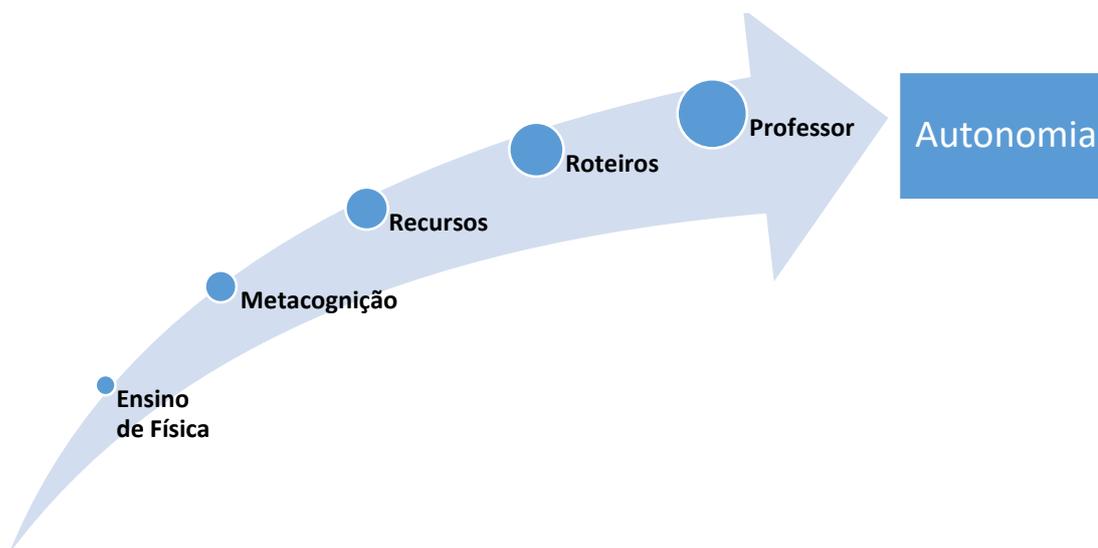
Destaca-se ainda que, como visto na seção 2.3 sobre o estado do conhecimento desta Tese, há poucas pesquisas que convergem para a metacognição no ensino de Física mediante o uso de intervenções didáticas. Sendo assim, ela pode ser aliada a esse grupo de pesquisas, pois teve o intuito de mostrar as potencialidades da metacognição. Nesse contexto, corrobora com outros estudos já realizados (REIF; LARKIN, 1991; CAMPANARIO; OTERO, 2000; VEENMAN; VAN HOUT-WOLTERS; AFFLERBACH, 2006; ROSA, 2011; HINOJOSA; SANMARTÍ, 2016) no que tange às intervenções didáticas focadas no desenvolvimento dos processos metacognitivos, em que os alunos reconheceram seus conhecimentos e habilidades diante do

desenvolvimento das ações, o que pode representar uma possibilidade para qualificação da aprendizagem.

É importante citar que o termo metacognição foi apresentado à professora/pesquisadora no início desta Tese, que, ao adentrar por um terreno até então desconhecido, paulatinamente, interessou-se por entender do que se tratava. Também percebeu o quão diverso é o tema metacognição seja pela sua definição na escolha dos referenciais ou pelos inúmeros campos de aplicação. Um desafio que foi sendo desvendado em cada leitura, orientação, intervenção, análise, planejamento, aula, turma, que, aos poucos, passaram a fazer parte do seu fazer profissional. Outrossim, ela constatou que o papel do professor é fundamental para o processo metacognitivo e que o processo de autodescoberta dos alunos e a satisfação por conseguirem chegar com êxito ao objetivo traçado pelas suas próprias escolhas, possibilitou-lhe reorganizar o planejamento, incorporando a metacognição nas práticas pedagógicas diárias.

Mas, no decorrer deste estudo, também foram percebidas fragilidades e situações que podem ser investigadas futuramente. Uma delas se refere à identificação dos elementos metacognitivos, pois a classificação dos dados emergentes em cada um dos elementos ocorreu de forma subjetiva, isto é, de acordo com a interpretação da professora/pesquisadora. Além disso, em alguns casos, foi complexo classificar a resposta de determinado elemento metacognitivo. Assim, uma maneira de dar seguimento a este trabalho seria a criação de mecanismos para identificar com clareza os elementos metacognitivos, visto que nem sempre foi possível verificar, de forma explícita, os processos metacognitivos utilizados pelos alunos na resolução de uma atividade. E, para finalizar, a Figura 15 ilustra um resumo da análise desta Tese.

Figura 15 - Elementos que resumem a Tese



Fonte: da autora (2021).

A análise da Figura 15 encerra esta Tese, que iniciou no Ensino de Física, campo de estudo escolhido pela professora/pesquisadora e, nesse contexto, emergiu a metacognição como uma estratégia de aprendizagem. Quanto ao uso de recursos, como atividades experimentais e simulações computacionais, já eram trabalhados no ambiente da sala aula (da professora/pesquisadora); porém sem a metacognição. Concluído o estudo, contribuições já foram apontadas, mas cabe ainda destacar que um dos aspectos mais relevantes de todo esse processo foram as perguntas metacognitivas. Portanto, acredita-se que elas foram essenciais para levar o aluno a refletir ao longo do processo e que promover o seu pensamento metacognitivo é ensiná-lo a ser estratégico, aumentar sua consciência sobre as operações e decisões diante de um desafio ou uma escolha a ser feita. Aliado a isso, é fundamental lhe propiciar o conhecimento e a análise de estratégias usadas em novas situações.

Além disso, faz-se necessário destacar o papel da professora/pesquisadora neste processo. O professor pode desenvolver situações para promover o pensamento metacognitivo de seus estudantes, e sua função é ser mediador e agir como um promotor da autorregulação, ou seja, ensinar o aluno a planejar e monitorar suas atividades (BROWN, 1987). Portanto, cabe a ele orientar e fomentar o pensamento metacognitivo dos seus discentes, estimulando-os a aprender a aprender e a aprender a pensar de forma autônoma e crítica, não só no âmbito da escola, universidade, mas como atitudes e estratégias para a vida. São ações que ela buscou realizar no decorrer da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, H.; MALAGO, J. D.; BUNDU, P.; THALIB, S. B. The use of metacognitive knowledge patterns to compose physics higher order thinking problems. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, Asia, v.14, n. 2, art. 9, p.1. Dec., 2013. Disponível em: https://www.eduhk.hk/apfslt/v14_issue2/helmi/index.htm. Acesso em: 10 jun. 2019.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2000. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/123909/mod_resource/content/0/Tese_-_capitulo_1_historico_dos_projetos.pdf. Acesso em: 3 jan. 2019.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no Ensino de Física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol11-Num1/a081.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2019.

ARAUJO, I. S. **Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no Ensino de Física Geral**. 2005. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5771>. Acesso em: 5 jan. 2019.

ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2019.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, p.179-184, abr./jun. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n2/a13v26n2.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2019.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Physics students' performance using computational modelling activities to improve kinematics graphs interpretation.

Computers & Education, Amsterdã, v. 50, p. 1128-1140, 2008. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/67185/>. Acesso em: 5 jan. 2019.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de Física: um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências - IENCI**, Porto Alegre, RS, v. 17, p. 341-366, 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/189>. Acesso em: 19 jan. 2021.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BECKER, K.; PARK, K. Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: a preliminary metaanalysis. **Journal of STEM Education**, Alabama, EUA, v. 12, n. 5, 2011. Disponível em: <https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/1509>. Acesso em: 10 abr. 2021.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de alunos. **Semina - Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, PR, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011. Disponível em: http://www.proiac.uff.br/sites/default/files/documentos/berbel_2011.pdf. Acesso em: 10 dez. 2018.

BITTAR, M. A abordagem instrumental para o estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de Matemática. **Educar em Revista**, Curitiba, PR, n. Especial 1, p. 157-171, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/er/nse1/11.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2019.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto, Portugal: Porto Editora, 1994.

BONATTO, M. P. de O. *et al.* Iniciação à Química no Museu da Vida, Fiocruz: avaliando atividades experimentais interativas da Bancada de Pasteur. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis, SC. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRAPEC, nov. 2009. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/37916>. Acesso em: 10 abr. 2021.

BORBA, M. de C. *Softwares e internet na sala de aula de Matemática*. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., 2010, Salvador. **Anais [...]**. Salvador, BA, 2010. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/gpimem/downloads/artigos/borba/marceloxenen.PDF>. Acesso em: 3 jan. 2019.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, E. M. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking**. USA: Springer, 2004. *E-book*. Disponível em: <https://www.springer.com/gp/book/9780387242637>. Acesso em: 3 jan. 2019.

BORRAGINI E. MAMAN A.S. Impactos da disciplina de Introdução às Ciências Exatas no desempenho dos alunos ingressantes em cursos de engenharia. XLII **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Juiz de Fora-MG, 2014. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/5/arquivos.html>. Acesso em 12 jan. 2021.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física. **Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n.1, p. 10-14, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/116439/000673396.%20pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: <http://abmes.org.br/arquivos/legislacoes/Resolucao-CNE-CES-002-2019-04-24.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA)**. Brasília, DF, 15 out. 2015. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/pisa>. Acesso em: 17 jul. 2019.

BROWN, A. L. Knowing when, where, and how to remember: a problem of metacognition. In: GLASER, R. (ed.). **Advances in instructional psychology**. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1978. v. 1, p. 77-165. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED146562.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2019.

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

BYBEE, R. W. **Challenges and opportunities the case for Education**. EUA: National Science Teachers Association, 2013.

CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Valência, Espanha, v. 18, n. 2, p. 155-169, 2000. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21652>. Acesso em: 3 jan. 2019.

CANNADY, M. A.; GREENWALD, E.; HARRIS, K. N. Problematizing the STEM pipeline metaphor: is the STEM pipeline metaphor serving our students and the STEM workforce? **Science Education**, New Jersey, EUA, v. 98, n. 3, p. 443-460, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.21108>. Acesso em: 10 abr. 2021.

CARDOSO, H. M.; DE CASTRO SOUZA, G. F. SOARES, D. J. M. Estudo da retenção no curso de Bacharelado em Engenharia Civil do IFMG-Campus Piumhi. **Revista Sítio Novo**, v. 5, n. 1, p. 56-64, 2020. Disponível em <https://sitionovo.iftto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/811>. Acesso em: 03 jan.2021

CARVALHO, A. M. P. de. Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: QUINTANILLA, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (org.).

Enseñar ciencias en el nuevo milenio - retos y propuestas. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica do Chile, 2006. v. 1, p. 73-90.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCHI, A. I.; BARROS, M. A. **Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P.; LOCATELLI, R. J. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, MG, v. 7, n. 3, p. 45-60, 2007. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/83152/mod_resource/content/1/Locatelli%20e%20Carvalho_2007.pdf. Acesso em: 3 jan. 2019.

CHEMIN, B. F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 4. ed. Lajeado, RS: Univates, 2020. *E-book*. Disponível em: https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/315/pdf_315.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

CHI, M. T.; GLASER, R.; REES, E. Expertise in problem solving. *In*: STERNBERG, R. J. (org.). **Advances in the psychology of human intelligence**. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1982. v. 1, p. 7-75.

CHI, M. T. et al. Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. **Cognitive science**, v. 13, n. 2, p. 145-182, 1989. Disponível em: Acesso em 26 nov. 2020.

COELHO, S. M.; RODRIGUES, C. R.; GHISOLFI, E. S.; REGO, F. A. Um exemplo prático de atividades metacognitivas aplicadas na formação de professores de Física com base na pesquisa didática. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 29, n. 3, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1108>. Acesso em: 3 jan. 2019.

COLAÇO, V. de F. R. Processos interacionais e a construção de conhecimento e subjetividade de crianças. **Psicologia - Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, RS, v. 17, n. 3, p. 333-340, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prc/v17n3/a06v17n3.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

COLL SALVADOR, C. **Aprendizagem escolar e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

CORRÊA, N. N. G. **Percepções e reflexões de alunos de Ensino Médio no processo metacognitivo da aprendizagem em Física**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1108>. Acesso em: 3 jan. 2019.

CORRÊA, N. N. G.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. Perfil metacognitivo (parte II): aplicação de instrumento de análise. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, RS, v. 23, n. 1, p.176-191, 2018a. Disponível em:

<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/768/pdf>. Acesso em: 6 jan. 2019.

CORREA, N. N. G.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. Metacognição e as relações com o saber. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, SP, v. 24, n. 2, p. 517-534, 2018b. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v24n2/1516-7313-ciedu-24-02-0517.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

CORRÊA, N. N. G. et al. Estudo exploratório sobre o uso da palavra “metacognição” em artigos publicados em periódicos brasileiros do ensino de ciências e matemática de 2007 a 2017. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 1, p. 6-26, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132018000200517&script=sci_arttext. Acesso em 03 jan. 2021.

COUTO, B. R. G. M.; SILVA, M.; MEDRADO NETO, J. R.; LADEIRA, A.P. Avaliação do impacto do cálculo zero no desempenho de alunos ingressantes de cursos de Engenharia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA*, 41., 2013, Gramado. **Anais [...]**. Gramado, RS, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/49848298-Avaliacao-do-impacto-do-calculo-zero-no-desempenho-de-alunos-ingressantes-de-cursos-de-engenharia.html>. Acesso em: 6 jun. 2019.

CRESWELL, J. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

DA SILVA, A. L.; SÁ, L. **Saber estudar e estudar para saber**. Porto, Portugal: Porto Editora, 1997. (Coleção Ciências da Educação).

DE MAMAN A. S.; ZANATTA F. BORRAGINI E. A escrita e a oralidade em cursos de engenharia: percepções dos alunos em duas disciplinas de formação básica XLIII **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. ABC São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/5/arquivos.html>. Acesso em 12 jan. 2021.

DE MAMAN A.S. QUARTIERI M.T. NEIDE I.G. Tecnologias no ensino: experiência em uma disciplina introdutória nos cursos de engenharia. XLIV **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Joinville - SC, 2017. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/5/arquivos.html>. Acesso em 12 jan. 2021.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral**. 2010. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/60658>. Acesso em: 8 abr. 2019.

DORNELES, P. F. T.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Atividades experimentais e computacionais como recursos instrucionais que se complementam: um estudo exploratório no ensino de eletromagnetismo em Física Geral. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. extra ampl. corr., p. 1806-1810, 2009. Trabalho apresentado

no 8º Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 2009, Barcelona, Espanha. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/%20bitstream/handle/10183/31172/000727103.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 jan. 2019.

DUTRA, E. R. A. **A utilização de experimentos e simulações no ensino de Física com o uso do software Tracker com as plataformas PHET e QUIZ**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, RS, 2017. Disponível em: <http://200.132.148.32/bitstream/riu/3041/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Elci%20Rdrigues%20de%20Almeida%20Dutra.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2021.

FERNANDES FILHO, O. P. O desenvolvimento cognitivo e a reprovação no curso de Engenharia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA - COBENGE, 27., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais [...]**. Brasília, DF: ABENGE, 2001. <http://www.abenge.org.br/cobenge.php>. Acesso em: 10 jan. 2021.

FIGUEIRA, A. P. C. Estratégias cognitivo-comportamentais de aprendizagem: problemática conceptual e outras rubricas. **Revista Iberoamericana de Educación**, Coimbra, Portugal, n. 37/6, p.1-21, 2006. Disponível em: <http://www.rieoei.org/1130.htm>. Acesso em: 5 mar. 2019.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos**. 2. ed. rev. São Paulo: Autores Associados, 2007.

FLAVELL, J. H. First discussant's comments: what is memory development the development of? **Human Development**, New York, EUA, n. 14, p. 272-278, 1971. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/26761846?seq=1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 10 abr. 2021.

FLAVELL, J. H. Metacognitive aspects of problem solving. *In*: RESNICK, L. B. (ed.). **The nature of intelligence**. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1976. p. 231-236.

FLAVELL, J. H. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive – developmental inquiry. **American Psychologist**, Washington, EUA, v. 34, n. 10, p. 906-911, 1979. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/%20ee65/2f0f63ed5b0cfe0af4cb4ea76b2ecf790c8d.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2019.

FLAVELL, J. H. Speculations about the nature and development of metacognition. *In*: WEINERT, Franz E.; KLUWE, Rainer H. (ed.). **Metacognition, motivation and understanding**. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1987. p. 21-29. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/%20reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2016163](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/%20reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2016163). Acesso em: 6 jan. 2019.

FLAVELL, J. H.; MILLER, P. H.; MILLER, S. A. **Desenvolvimento cognitivo**. Tradução de Cláudia Dornelles. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artes Médicas Sul, 1999.

FOSSÁ, M. I. T. **Proposição de um constructo para análise da cultura de devoção nas empresas familiares e visionárias**. 2003. Tese (Doutorado em

Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2003. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2232/000366156.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 jun. 2019.

GALIAZZI, M. C. *et al.* Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/08.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, P. F. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p.326-331, 2004. Disponível em: http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol27No2_326_26-ED02257.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.

GERAB, F.; VALÉRIO, A. D. A. Relação entre o desempenho em física e o desempenho em outras disciplinas da etapa inicial de um curso de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 1-9, 2014. Disponível em https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000200017. Acesso em 05 jan. 2021.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2009.

GERHARDT, T. E.; RAMOS, I. C. A.; RIQUINHO, D. L.; SANTOS, D. L. Estrutura do projeto de pesquisa. *In*: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2009. p. 31-42.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.10, p. 43-49, nov. 1999. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/iienpec/Dados/trabalhos/A33.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.

GIRAFFA, L. M. M. Vamos bloggar professor? Possibilidades, desafios e requisitos para ensinar Matemática no século XXI. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, SP, v.1. n. 2, p. 97-110, jul./dez. 2010. Disponível em: <http://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/12>. Acesso em: 8 abr. 2019.

GONZÁLEZ, F. E. Acerca de la metacognición. **Revista Paradigma**, Maracay, Venezuela, 1996. Disponível em: https://www.academia.edu/6250971/ACERCA_DE_LA_METACOGNICI%C3%93N. Acesso em: 16 jan. 2019.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf. Acesso em 18 ago. 2019.

GUIMARÃES, L.; CASTRO, D. A experimentação e a pilha de daniell numa abordagem demonstrativa-investigativa. **Revista Ciências & Ideias** ISSN: 2176-1477, v. 9, n. 3, p. 194-211, 2019. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/884>. Acesso em 26 ago. 2020.

HATTIE, J. **Visible learning**: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. New York, EUA: Routledge, 2009.

HATTIE, J. **Visible learning for teachers**: maximizing impact on learning. New York, EUA: Routledge, 2012.

HEIDEMANN, L. A. **Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de Física por parte de professores do Ensino Médio**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/31006>. Acesso em: 10 abr. 2021.

HEIDEMANN, L. A. **Ressignificação de atividades experimentais no ensino de Física por meio do enfoque no processo de modelagem científica**. 2015. Tese (Doutorado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/117767>. Acesso em: 23 out. 2018.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: uma alternativa para a resignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista brasileira de ensino de física**, v. 38, n. 1, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172016000100604. Acesso em 20 jul. 2020.

HENNESSEY, M. G. Metacognitive aspects of students' reflective discourse: Implications for intentional conceptual change teaching and learning. *In*: SINATRA, G. M.; PINTRICH, P. R. (ed.). **Intentional conceptual change**. Mahwah, New Jersey: LEA, 2003. p. 103-132.

HINOJOSA, J.; SANMARTÍ, N. Promoviendo la autorregulación en la resolución de problemas de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 22, n. 1, p. 7-22, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v22n1/1516-7313-ciedu-22-01-0007.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

HODSON, D. Investigación y experiencias didácticas: hacia un enfoque mas crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, Espanha, v. 12, n.3, 299-313, 1994. Disponível em: <file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/21370-93606-1-PB.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2019.

HOEG, D. G.; BENCZE, J. L. Values underpinning STEM Education in the USA: an analysis of the Next Generation Science Standards. **Science Education**, New York, v. 101, n. 2, p. 278-301, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.21260>. Acesso em: 16 set. 2020.

HORA, K. E. R.; MESQUITA, G. G. M.; GOMES, R. B. Análise das reprovações discentes no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG). **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, GO, v. 14, n.1, p. 66-82, set. 2017. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/46579>. Acesso em: 10 jan. 2021.

JAAKKOLA, T.; NURMI, S. Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. **Journal of Computer Assisted Learning**, Oxford, v. 24, n. 4, p. 271-283, Aug. 2008. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=771107](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=771107). Acesso em: 16 abr. 2019.

LIBARDONI, G. C. **A inserção de novas tecnologias em conjunto com atividades experimentais no ensino de Física**. 2012. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/6661>. Acesso em: 16 abr. 2019.

LIMA, J. V. V. et al. Metodologias Ativas como forma de reduzir os desafios do ensino em Engenharia de Software: diagnóstico de um survey. In: **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. SBC, 2020. p. 172-181. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/12773>. Acesso em 14 jan. 2021.

LINDFORS; BODIN; SIMON 2019 – aparece nas p. 56 e 57. LINDFORS, M.; BODIN, M.; SIMON, S.. Unpacking students' epistemic cognition in a physics problem-solving environment. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 57, n. 5, p. 695-732, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.21606>. Acesso em 24 set. 2020.

LÜDKE, M. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, A. S. **A importância do trabalho coletivo para o desenvolvimento da criança**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/35744>. Acesso em: 10 abr. 2021.

MACIEL, L. S. B; SHIGUNOV NETO, A. S. **Formação de professores: a importância da pesquisa para a formação do professor pesquisador**. São Paulo: Edições Hipótese, 2017. Disponível em: <https://goo.gl/ZZT5D8>. Acesso em: 1 jan. 2021.

MALONE, K. L. Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, Washington, DC, EUA, v. 4, n. 2, p. 020107-1-15, nov. 2008. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.4.020107>. Acesso em: 10 abr. 2021.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARTINS, G. de A. **Estudo de caso**. São Paulo: Atlas, 2008.

MASETTO, M. T. **Competências pedagógicas do professor universitário**. São Paulo: Summus, 2003.

MCINTYRE, D. Bridging the gap between research and practice. **Cambridge Journal of Education**, Cambridge, UK, v. 35, n. 3, p. 357-382, 2005. <http://doi.org/10.1080/03057640500319065>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03057640500319065?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 18 jan. 2019.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p.77-86, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a02v24n2.pdf>. Acesso em: 22 out. 2018.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 29. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2010.

MONEREO, C.; CLARIANA, M. **Profesores y alumnos estratégicos: cuando aprender es consecuencia de pensar**. Madrid, España: Pascal, 1993.

MONEREO, C.; CASTELLÓ, M. **Las estrategias de aprendizaje: cómo incorporarlas a la práctica educativa**. Barcelona, España: Edebé, 1997. Disponível em: <https://www.worldcat.org/title/estrategias-de-aprendizaje-como-incorporarlas-a-la-practica-educativa/oclc/50334836>. Acesso em: 18 jan. 2019.

MONEREO, C. et al. La enseñanza estratégica: enseñar para la autonomía. *Revista Aula de Innovación*, v. 100, n. 3, 2001. Acesso em: https://www.researchgate.net/profile/Carles-Monereo/publication/39139730_La_ensenanza_estrategica_enseñar_para_la_autonomia/links/0c9605255a81976a17000000/La-ensenanza-estrategica-enseñar-para-la-autonomia.pdf. Acesso em 15 mai. 2020.

MORAES, R.; LIMA, V. M. do R. **Pesquisa em sala de aula: tendências para educação em novos tempos**. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 2012.

MORAES, R. **Análise Textual Discursiva**. 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, PR, v. 7, n. 2, p. 1-20, 2014. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2037>. Acesso em: 14 abr. 2019.

MORO, F. T. **Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no Ensino Médio.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS, 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1086/1/2015FernandaTeresaMoro.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2019.

MOTA, A. R.; ROSA, C. T. W. Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas. **Revista Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, RS, v. 25, n. 2, p. 261-276, maio 2018. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/8161>. Acesso em: 11 abr. 2021.

NASCIMENTO, A. M. S. **Utilização de experimentos de baixo custo e de simulações computacionais no ensino de Física em escolas públicas.** 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2014. Disponível em: <http://ri.ufmt.br/handle/1/382>. Acesso em: 18 dez. 2018.

NEIDE, I. G.; QUARTIERI, M. T. Recursos tecnológicos nos processos de ensino e de aprendizagem da Matemática e da Física. *In*: DULLIUS, M. M.; QUARTIERI, M. T. (org.). **Aproximando a Matemática e a Física por meio de recursos tecnológicos: Ensino Médio.** 1. ed. Lajeado, RS: Univates, 2016. v. 1, p. 9-14. Disponível em: https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/191/pdf_191.pdf. Acesso em: 12 jul. 2019.

NIELSEN, W. S.; NASHON, S.; ANDERSON, D.. Metacognitive engagement during field-trip experiences: A case study of students in an amusement park physics program. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, v. 46, n. 3, p. 265-288, 2009. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20266>. Acesso em 16 dez. 2020.

NOGUEIRA, J. S.; RINALDI, C.; FERREIRA, J.; PAULO, S. R. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 517-522, dez. 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22a76.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2021.

OLIVEIRA, L. D. et al. Conhecimentos de Matemática básica de graduandos nos anos iniciais de Engenharia: desafios, fragilidades e enfrentamentos possíveis. **Revista BOEM**, v. 8, n. 16, p. 134-152, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/boem/article/view/18000>. Acesso em 05 jan. 2021.

OLIVEIRA, F. T. DE; SIMÕES, W. L. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. Simpósio de Engenharia de Produção, Brasil, 2017. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/Fernanda_Tha%C3%ADs_de_Oliveira.pdf. Acesso em: 14 jan. 2021.

OTTONELLI, J. et al. Estado de uso e conservação de motosserras com motores de combustão interna. **Tecno-Lógica**, v. 24, n. 2, p. 196-201, 2020. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/14543>. Acesso em 14 jan. 2021.

PACHECO, M. B.; ANDREIS, G. S. L. Causas das dificuldades de aprendizagem em Matemática: percepção de professores e estudantes do 3º ano do Ensino Médio. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 38, p. 105-119, 20. Disponível em: [file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/1612-4579-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/1612-4579-1-PB%20(1).pdf). Acesso em 14 jan. 2021.

PALUDO, L. **Uma proposta para a introdução ao uso de tecnologias no ensino de Física experimental dirigida a licenciandos de Física**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/104590>. Acesso em: 18 dez. 2018.

PARIS, Scott G.; WASIK, Barbara; TURNER, Julianne C. **The development of strategic readers**. 1991.

PARISOTO, M. **Ensino de Termodinâmica a partir de situações da Engenharia: integrando as metodologias de projetos e as unidades de ensino potencialmente significativas**. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015. Disponível em: [file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/000977918%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/000977918%20(1).pdf). Acesso em: 6 jun. 2019.

PASSOS, F. G. DOS; VICHI, C.; DUARTE, F. R.; SOUSA, G. M. C. DE; TELES, R. DE S.; SANTOS, V. M. L. DOS. Diagnóstico sobre a reprovação nas disciplinas básicas dos cursos de Engenharia da UNIVASF. CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35., Curitiba, 2007. **Anais** [...]. Brasília, DF: Cobenge, 2007. <http://www.abenge.org.br/publicacoes.php>. Acesso em: 10 jan. 2021.

PAULA, H. F.; TALIM, S. L. Uso coordenado de ambientes virtuais e outros recursos mediacionais no ensino de circuitos elétricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 29, n. Especial 1, p. 614-650, set. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p614>. Acesso em: 11 abr. 2021.

PAVÃO A. C. **Ensinar ciências fazendo ciências: Quanta ciência há no ensino de Ciências**. São Paulo: EduUFSCar, 2011.

PAZ, A. M. da. **Atividades experimentais e informatizadas: contribuições para o ensino de eletromagnetismo**. 2007. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_Teses/fisica/Teses/ativ_exper_infor_magnetism.pdf. Acesso em: 23 jun. 2019.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 3, p. 229-253, 1997. Disponível em: http://www.paulorosa.docente.ufms.br/Pratica_I/Sobre_a_resolucao_de_problemas_no_ens_fisica_Peduzzi.pdf. Acesso em 12 jun. 2019.

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p265/33954>. Acesso em: 19 jan. 2021.

PERES, M. V. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea baseado em atividades de laboratório mediadas pela utilização de um software de videoanálise e modelagem**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2016. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1922/4/CT_PPGFCET_M_Peres%2C%20Marcus%20Vinicius_2016_3.pdf. Acesso em: 23 jan. 2019.

PESSANHA, Márlon; PIETROCOLA, Maurício. Obstáculos epistemológicos e didáticos no estudo de conceitos de física moderna e contemporânea. Atas do IX **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências–IX ENPEC**, Aguas de Lindoia, SP, 2013. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0500-1.pdf. Acesso em 17 ago. 2019.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em Educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132002000200009. Acesso em: 3 jun. 2019.

PIETROCOLA, Maurício (Ed.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2005.

PLANOS de Aula – Física I – Semestre 2019/B. Instituições de Ensino Superior (IES) do Vale do Taquari e da Serra/RS. Material virtual.

RAAD, M. R.; OLIVEIRA, M. C. A. de. A existência de uma cultura escolar de reprovação no ensino de Cálculo. **Boletim Gepem**, Juiz de Fora, MG, n. 61, p. 125-137, jul./dez.2012. Disponível em: <http://www.ufjf.br/mestradoedumat/files/2011/09/Produto-educacional-Marcos-Raad.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

REGINALDO, C. C.; SCHEID, N. J.; GÜLLICH, R. I. C. O ensino de Ciências e a experimentação. *In*: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL - ANDEP Sul, 9., 2012, Caxias do Sul, RS. **Anais [...]**, Caxias do Sul, RS, 2012. p. 1-12. Disponível em: https://www.uces.br/ucs/tplAnped2011/eventos/anped_sul_2012/anais/. Acesso em: 16 abr. 2019.

REIF, F.; LARKIN, J. H. Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications. **Journal of Research in Science Teaching**, **Local?**, v. 28, n. 9, p. 733-760, nov.1991. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.3660280904>. Acesso em: 11 abr. 2021.

REISS, M. J.; MUJTABA, T. Should we embed careers education in STEM lessons?, **The Curriculum Journal** Londres, v. 28, n. 1, p. 137-150, nov. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09585176.2016.1261718>. Acesso em: 11 abr. 2021.

REZENDE, L. P.; GOMES, S. C. S. Uso de modelos didáticos no ensino de genética: estratégias metodológicas para o aprendizado. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, maio/ago. 2018. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4447>. Acesso em: 11 abr. 2021.

RIBAS, G. S. F. **Uma proposta para motivar o aluno a aprender mecânica no Ensino Médio**: abordagem com tecnologia de informação e comunicação. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2017. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v29n4.pdf. Acesso em: 6 jun. 2019.

RITZ, J. M.; FAN, S.-C. STEM and technology education: international state-of-the-art. **International Journal of Technology and Design Education**, New York, v. 25, n. 4, p. 429-451, nov. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-014-9290-z>. Acesso em: 11 abr. 2021.

ROCHA, C. J. T.; MALHEIROS, J. M. da S. Metacognição e a experimentação investigativa: a construção de categorias interativas dialógicas. **Educação - Revista do Centro de Educação UFSM**, Santa Maria, RS, v. 44, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/34409>. Acesso em: 11 abr. 2021.

RODRIGUES J. J. **O ensino de eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais**: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, RS, 2016. Disponível em: [file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/2016JoseJorgeValeRodrigues%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/2016JoseJorgeValeRodrigues%20(4).pdf) Acesso em: 23 jan. 2019.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte”. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, PR, v. 6, n. 19, p. 37-50, set./dez. 2006. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/24176>. Acesso em: 23 jan. 2019.

ROSA, C. T. W. DA. **A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física**. 2011. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95261>. Acesso em: 15 jun. 2018.

ROSA, C. T. W. DA. **Metacognição no ensino de Física**: da concepção à aplicação. Passo Fundo, RS: UPF, 2014. *E-book*. Disponível em:

http://editora.upf.br/images/ebook/metacognicao_ensino_fisica.pdf. Acesso em: 8 abr. 2019.

ROSA, C. T. W. DA. Instrumento para avaliação do uso de estratégias metacognitivas nas atividades experimentais de Física. **Revista Thema**, Pelotas, RS, v.14, n. 2, p. 182-193, 2017. Disponível em: <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/490>. Acesso em: 8 abr. 2019.

ROSA, C. T. W. DA; ALVES FILHO, J. P. Metacognição e as atividades experimentais em física: aproximações teóricas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, MG, v. 15, n. 1, p. 95-111, jan./abr. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172013000100095. Acesso em: 12 jul. 2019.

ROSA, C. T. W. DA; ALVES FILHO, J. P. Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as atividades experimentais em Física. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, SP, v. 20, n. 1, p. 61-81, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000100005. Acesso em: 18 nov. 2019.

ROSA, C. T. W. DA; DARROZ, L. M.; ROSA, Á. B. A ação didática como ativadora do pensamento metacognitivo: a análise de um episódio fictício no ensino de Física. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, SC, v. 7, n. 1, p. 3-22, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38174/29105>. Acesso em: 15 jan. 2019.

ROSA, C. T. W. DA; GHIGGI, C. M. Monitoramento e controle metacognitivo na resolução de problemas em Física: Análise de um estudo comparativo. **Alexandria - Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, Florianópolis, SC, v. 10, n. 2, p.105-125, nov. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2017v10n2p105>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2017v10n2p105>. Acesso em: 15 jan. 2019.

ROSA, C. T. W. DA; MENESES VILLAGRÁ, J. A. Contribuições para a qualificação de professores de Física em formação inicial: Impactos sobre o uso de estratégias metacognitivas na resolução de problemas. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, Espanha, v. 77, n. 1, p. 75-96, jun. 2018a. Disponível em: <https://rieoei.org/RIE/issue/view/276>. Acesso em: 11 abr. 2021.

ROSA, C. T. W. DA; MENESES VILLAGRÁ, J. A. Metacognição e Ensino de Física: Revisão de pesquisas associadas a intervenções didáticas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, MG, v. 18, n. 3, p. 581-608, maio/ago. 2018b. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4851>. Acesso em: 12 jul. 2019.

ROSA, C. T. W. DA; MENESES VILLAGRÁ, J. A. Questionamento metacognitivo associado à abordagem didática por indagação: Análise de uma atividade de Ciências no Ensino Fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 1, p. 60-76, 2020. Disponível em:

<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1467/0>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ROSA, C. W. et al. Metacognição e seus 50 anos: uma breve história da evolução do conceito. **Revista Educar Mais**, v. 4, n. 3, p. 703-721, 2020. Disponível em: <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/2063>. Acesso em: 10 out. 2020.

ROSA, C. T. W. DA.; SCHMITZ K.de O.; A metacognição nas pesquisas em educação: uma revisão a partir das teses e dissertações brasileiras. **ACTIO**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 1-22, mai./ago. 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/10676-48526-1-PB.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2021.

ROSA, C. T. W. DA; DE OLIVEIRA BIAZUS, M.; Estudo envolvendo a função das imagens associadas a tópicos de Física Moderna nos livros didáticos do ensino médio. **Revista Paradigma** v. XLI n. 2 diciembre 2020. Disponível em: <http://revistaparadigma.online/ojs/index.php/paradigma/issue/view/73>. Acesso em 17 jan. 2021.

ROSITO, B. A. O ensino de Ciências e a experimentação. *In*: MORAES, R. (org.). **Construtivismo e ensino de Ciências**. 2. ed. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 2003. p. 195-208.

RYAN, Q. X.; FRODERMANN, E.; HELLER, K.; HSU, L.; MASON, A. Computer problem-solving coaches for introductory physics: Design and usability studies. **Physical Review Physics Education Research**, Washington, DC, v.12, n. 1, p. 0101051-17, fev. 2016. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010105>. Acesso em: 11 abr. 2021.

SANTOS, Diego Marlon; NAGASHIMA, Lucila Akiko. Potencialidades das atividades experimentais no ensino de química. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 8, n. 3, p. 94-108, 2017. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/326f/a5ae63d253e86d958588890d0e76ee7b8be1.pdf>. Acesso em 15 ago. 2019.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 20, n.1, p. 31-42, jan. 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6560>. Acesso em: 18 jan. 2019.

SILVA, A. M. **O vídeo como recurso didático no ensino de Matemática**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2011. Disponível em: https://mestrado.prgg.ufg.br/up/97/o/Diss_051.pdf. Acesso em: 12 jun. 2019.

SILVA, I. P.; SILVA, A. T. O tema “experimentos virtuais” nos anais dos eventos brasileiros de ensino de Física (2005–2014). **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 137-154, abr. 2017. Disponível em:

<http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1172>. Acesso em: 19 jan. 2021.

SILVA, A. C.; CORREA, C. S.; COELHO, D. A.; DA SILVA NETO, D. T.; FERRAZ, L.; XAVIER, M. M.; REIS, R. S.; ROCHA, F. A.; SANTOS, P. A. Análise dos índices de reprovação nas disciplinas de Cálculo I e AVGA do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia de Vitória da Conquista. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION – INTERTECH'2016*, 14., 2016, Salvador, BA. **Anais** [...]. Salvador, BA: INTERTECH, 2016. p.1 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337285554_Analise_dos_indices_de_reprovacao_nas_disciplinas_calculo_I_e_AVGA_do_curso_de_Engenharia_Eletrica_do_Instituto_Federal_da_Bahia_de_Vitoria_da_Conquista. Acesso em: 10 jan. 2021.

SILVA, F. S.; LEAL, T. F. **É em grupo ou individual, professor?** A prática de trabalho em grupo no Centro de Educação da UFPE sob duas óticas: docente e discente. 2004. Disponível em: http://www.fundaj.gov.br/geral/educacao_foco/fatima_soares.pdf. Acesso em: 7 mar. 2021.

SOUZA, C. H. S.; SILVA, I. P. Práticas pedagógicas de ensino de Física mediadas por simulações digitais. **Paidéi@ - Revista Científica de Educação a Distância**, Santos, SP, v.11, n.19, p. 1-17, jan. 2019. Disponível em: <https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/paideia/article/view/914/781>. Acesso em: 11 abr. 2021.

TAASOBSHIRAZI, G.; FARLEY, J. Construct validation of the physics metacognition inventory. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 35, n. 3, p. 447-459, 2013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500693.2012.750433>. Acesso em: 11 abr. 2021.

TAVARES, R.; SANTOS J. N. Animação interativa como organizador prévio. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA*, 15., 2003, Curitiba. **Atas** [...]. Curitiba, PR: CEFET-PR, 2003. p.1. CD-ROM. Disponível em: http://www.projetos.unijui.edu.br/formacao/medio/fisica/MOVIMENTO/ufpb_energia/Textos/AIMCSimposio.pdf. Acesso em: 12 abr. 2021.

TRENTIN, M. A. S; PÉREZ, C. A. S; ZORTEA, T.; SCHIMDT, R. O; TAROUCO, L. M. R; CARVALHO, M. J. S. Ambiente de apoio a um Laboratório Virtual: uma percepção dos alunos sobre a sua importância no processo aprendizagem. *In: CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN*, 11., 2005, Buenos Aires. **Anais** [...]. Buenos Aires: UNLP, 2005. p.1. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23273>. Acesso em: 26 dez. 2020.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em Ciências Sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

VALADARES, C. E. Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade. **Química Nova na Escola**, Canoas, RS, v.13, n.1, p. 38-40, 2001.

Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a08.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

VALENTE, J. A. O uso inteligente do computador na Educação. **Revista Pátio**, São Paulo, ano I, n. 1, p. 19-21, maio/jul. 1997. Disponível em: <https://docplayer.com.br/246532-O-uso-inteligente-do-computador-na-educacao-jose-a-valente-nied-unicamp.html>. Acesso em: 14 abr. 2019.

VALENTE, José Armando. Diferentes usos do computador na educação. Em aberto, v. 12, n. 57, 2008. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~teixeira/livros/computador-sociedade-conhecimento.pdf>. Acesso em 16 jun. 2020.

VEENMAN, M. V. J.; VAN HOUT-WOLTERS, B. H. A. M.; AFFLERBACH, P. Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. **Metacognition and Learning**, Suíça, v.1, n.1, p. 3-14, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11409-006-6893-0>. Acesso em: 12 abr. 2021.

WILEY, D. A. 1. Learning objects explained: 1.1. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In: WILEY, D. A. (org.). **The instructional use of learning objects**. 2000. p. 1-35. *E-book*. cap. 1. Disponível em: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. Acesso em: 12 abr. 2021.

YAMAMOTO, I; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração visual da teoria de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 215-225, 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172001000200013&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 12 abr. 2021.

ZACHARIA, C. Z.; OLYMPIOU, G.; PAPAVERIPIDOU, M. Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. **Journal of Research Science Teaching**, New York, EUA, v. 45, n. 9, p. 1021-1035, nov. 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/tea.20260>. Acesso em: 14 abr. 2019.

ZHAO, N.; WARDESKA, J. G.; MCGUIRE S. Y.; COOK, E. Metacognition: An effective tool to promote success in college science learning. **Journal of College Science Teaching**, Arlington, EUA, v. 43, n. 4, p. 48-54, 2014. Disponível em: <http://deltastate.edu/PDFFiles/Academic%20Affairs/teaching-and-learning-resources/metacognition-an-effective-tool.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2019.

ZOHAR, A.; BARZILAI, S. A review of on metacognition in science education: current and future directions. **Studies in Science Education**, Londres, v. 49, n. 2, p.121-169, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Andr%C3%A9ia/Downloads/ZoharBarzilai2013-Areviewofresearchonmetacognitioninscienceeducation.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2019.

APÊNDICE 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO

Eu, _____,

concordo em participar da pesquisa intitulada “Consciência metacognitiva: uma análise por meio de atividades experimentais e simulações computacionais no ensino de Física”, de autoria de Andréia Spessatto De Maman (pesquisadora), doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade do Vale do Taquari - Univates. A referida pesquisa é de cunho qualitativo e tem por objetivo principal **analisar as diferentes formas de tomada de consciência de alunos de Engenharia, na disciplina de Física I, quando são desafiados a solucionar situações problemas nas quais podem fazer uso de material experimental ou simulação computacional.** Declaro ter sido devidamente informado(a) pela pesquisadora dos objetivos, das metodologias e dinâmicas que seriam empregadas durante a pesquisa e dos seus possíveis desdobramentos. Especialmente, estou ciente de que em nenhum momento serei identificado por meio de meu nome verdadeiro, garantindo o sigilo e o anonimato das informações e opiniões que estarei fornecendo.

() Autorizo a pesquisadora a utilizar as informações que forneci (em questionários, entrevistas, gravações de áudio individuais e/ou em grupo), na elaboração de sua Tese de Doutorado e de outras possíveis publicações decorrentes.

() Autorizo a pesquisadora a utilizar minha imagem (registrada por meio de fotografias e filmagens), na elaboração de sua Tese de Doutorado e de outras possíveis publicações decorrentes.

Data: _____

E-mail: _____ Telefone: _____

Assinatura do(a) participante

APÊNDICE 2 – ROTEIRO-GUIA: QUEDA LIVRE

Em grupos de no máximo 3 integrantes, cada grupo deverá responder às questões sobre a situação problema proposta. As questões que se referem à metacognição estão em destaque no roteiro.

Os alunos, antes desta aula, já terão realizado leituras na bibliografia básica sobre o tema e suas aplicações. Iniciarei a atividade realizando uma conversa sobre o que leram e trazendo aplicações de situações sobre queda livre no dia a dia.

Pode-se citar como exemplos de situações que envolvem a queda livre: vaso de flores caindo livremente do alto de um edifício, uma moeda caindo de um bolso de uma calça, uma pedra lançada para cima, entre tantos outros. Considera-se o movimento de queda livre a qualquer objeto que sofra um deslocamento apenas sob a influência da gravidade. Estritamente queda livre, ocorre somente no vácuo, onde não há resistência do ar, porém, tal resistência é pequena quando comparada a corpos “pesados”, por isso o erro é quase que insignificante quando se tratam desses objetos como se estivessem em queda livre. Já para o caso de objetos “leves”, o efeito da resistência do ar não pode ser desprezível, pois esta interfere no seu movimento.

Materiais disponíveis para testes: uma esfera de aço de 24 g, trena, cronômetro, balança, *chromebooks*.

Links de simulações sobre queda livre:

Cadê o ovo que estava aqui?

<http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10534>

Queda natural:

<http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10528>

Bungee jump:

<http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10533>

O paraquedista:

<http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10537>

A queda desesperadora:

<http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10524>

As bexigas: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10577>

Objetivo deste roteiro-guia: explorar o comportamento de objetos quando deixados cair em queda livre.

Situação problema: Uma esfera de ferro com massa de 3 kg é deixada cair em queda livre de uma altura de 30 m em relação ao solo. A partir desta situação hipotética, responder às questões:

a) Sobre a situação problema, discutam em grupo e estimem, qual será a velocidade aproximada ao atingir o solo e o tempo aproximado de queda da esfera para a altura determinada. Registrem esta hipótese:

Velocidade: _____ Tempo: _____

b) É possível prever com que velocidade a esfera de ferro chega ao solo? Qual seria o valor dessa velocidade? **Descrevam como vocês pensaram para chegar a esse resultado.**

c) **Com base em que conhecimentos vocês responderam às questões anteriores?**

d) Que expressão(ões)/função(ões) matemáticas pode(m) ser utilizada(s) para calcular a velocidade de um objeto em queda livre em qualquer instante? Vocês tinham pensado nessas equações no item anterior? Justifiquem.

e) A massa interfere na velocidade de queda dos corpos? Justifiquem.

f) **Com base em que conhecimentos vocês responderam às questões “d” e “e”?**

g) **Quais foram as estratégias utilizadas pelo grupo para chegar a essa conclusão?**

h) Caso uma outra esfera também caia nessas mesmas condições da situação-problema, porém que sua massa seja 3 vezes menor, sua velocidade ao atingir o solo será maior, menor ou igual a uma de 3 kg, quando desconsiderada a resistência com o ar? Justificar.

i) Quando dois objetos são soltos de uma mesma altura, um objeto de massa m e outro objeto de massa $2m$, chegarão ao solo ao mesmo tempo (juntos)? Discutir e descrever a conclusão do grupo.

Demonstração prática do tubo de vácuo aos alunos e neste momento também é passado um vídeo sobre o experimento de Galileu, da pedra e da pena, realizado na maior câmara de vácuo do mundo. Esse vídeo pode ser acessado no link: <https://www.youtube.com/watch?v=qSeW0f51QzY>

- j) Ainda sobre a situação problema, qual foi o deslocamento do objeto? E a distância percorrida?
- k) Para uma situação de queda livre, a distância percorrida por unidade de tempo varia ou se mantém constante? Por quê?
- l) Que expressões/funções matemáticas podem ser utilizadas para determinar essas distâncias?
- m) Qual seria o perfil de um gráfico que expressa a variação de posição em função do tempo? Por quê?
- n) Baseados em que vocês responderam à questão anterior?**
- o) Uma bola é lançada para cima. (a) Durante a subida, o que acontece com o módulo da velocidade da bola? (b) Como você poderia determinar a altura máxima atingida pela bola? De que parâmetros essa altura depende? (c) Enquanto a bola está em queda livre, o que acontece com o módulo da sua velocidade? (d) E a aceleração, aumenta, diminui ou permanece constante? Explicar as respostas.
- p) Que resultado o grupo havia previsto para a questão-problema no início da atividade? Como esse resultado se relaciona com o encontrado ao final da atividade? Se houve mudanças no resultado esperado, quais e por quê?**

Questionário respondido individualmente ao final da atividade pelo *google* formulários:

7. Quais conhecimentos sobre o tema você tinha para desenvolver a atividade?
8. Como o grupo planejou resolver a questão? Houve mudanças de planos no decorrer da resolução? Se sim, quais? Comente.
9. Você adquiriu novos conhecimentos com esta atividade? Se sim, quais?
10. Descreva as estratégias utilizadas pelo seu grupo no desenvolvimento da situação? Você pensa que tais estratégias poderiam ser utilizadas novamente em uma situação semelhante a essa? Comente.
11. Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar a atividade com seu grupo de trabalho?
12. Os materiais disponíveis, tanto físicos como virtuais foram suficientes para resolver a situação problema e responder às questões? Teve algum que foi relevante e merece ser destacado? Se sim, qual e por quê?
13. Tendo de contar a alguém sobre a aula, você se sentiria em condições de descrever o que foi feito e explicar os resultados encontrados? Comente.

APÊNDICE 3 – ROTEIRO-GUIA: RECONHECENDO FORÇAS DE ATRITO

As questões que se referem à metacognição estão em destaque no roteiro.

Previamente a esta atividade, os alunos já terão estudado os diferentes tipos de força e as aplicações das Leis de Newton, explorando tanto atividades experimentais como simuladores. Também já terão realizado exercícios sobre o tema. Será a última atividade sobre este conteúdo.

Iniciar a aula lembrando os diferentes tipos de força e provocando os alunos para lembrarem de aplicações da força de atrito presente em nosso dia a dia, muitas vezes nos auxiliando como no ato de caminhar, subir uma ladeira, seja a pé ou de carro, estacionar em um morro. Ou em outras pode nos causar danos, como, por exemplo, o gasto de peças e manutenção de máquinas devido ao seu desgaste pela longa vida útil que possuem.

Atrito é uma força de contato que tem sempre a mesma direção e sentido oposto a força \vec{F} aplicada sobre o corpo. A força de atrito é proporcional à força normal. $F_{at} = \mu \cdot N$, onde μ é o coeficiente de atrito que depende na natureza das superfícies de contato entre os corpos estudados.

Objetivo deste roteiro-guia: Determinar os coeficientes de atrito estático e cinético.

Situação 1: Utilizar o material que está sobre a mesa para determinar o coeficiente de atrito estático e cinético da lixa que está no bloco quando em contato com o papel veludo.

Material: Um bloco de madeira; 1 dinamômetro 2,5N; uma tira de papel aveludado.

Análise: **Descrever detalhadamente as estratégias que foram utilizadas para alcançar os objetivos da atividade.**

Situação 2: Utilizar um simulador para determinar os coeficientes de atrito estático e cinético considerando os parâmetros pré-estabelecido quando o simulador é aberto.

Material: *chromebooks* com acesso para o *link*

https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_pt_BR.html. Clicar na opção “Atrito”.

Análise:

1. **Descrever detalhadamente as estratégias que foram utilizadas para alcançar os objetivos da atividade.**
2. Mantendo a mesma superfície de contato, porém aumentado a massa, os valores dos coeficientes mudam ou permanecem os mesmos? Justificar.

Responda:

1. Há força de atrito exercida sobre um corpo parado? Em caso afirmativo, em que condições?
2. Comparar o valor do coeficiente de atrito cinético com o coeficiente de atrito estático, obtido experimentalmente. Os resultados estão de acordo com a previsão teórica, de que $\mu_c < \mu_e$? Comentar.

Questionário respondido individualmente ao final da atividade pelo *google* formulários:

5. Quais conhecimentos sobre o tema trabalhado você tinha antes de desenvolver a atividade?
6. Durante o desenvolvimento das atividades, o grupo teve de mudar de estratégia para conseguir chegar ao resultado e alcançar o objetivo da atividade? Se sim, descreva quais foram as mudanças.
7. Qual das atividades você gostou mais de realizar, a experimental ou a simulação? Explique por quê?
8. Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar a atividade com seu grupo de trabalho? Você adquiriu novos conhecimentos com esta atividade? Se sim, quais?

APÊNDICE 4 – ROTEIRO-GUIA: PÊNDULO SIMPLES

As questões que se referem à metacognição estão em destaque no roteiro.

Esta atividade será realizada após a introdução teórica da matéria. Será iniciada com uma contextualização lembrando oscilações, seu significado e onde estão presentes em nosso dia a dia.

Em nosso meio estamos cercados de oscilações, movimentos que se repetem. O simples balançar das folhas de uma árvore, as ondas de rádio, o som e a luz são exemplos típicos onde o movimento oscilatório acontece. Neste roteiro, serão abordadas oscilações mecânicas para uma classe de osciladores harmônicos simples em que a força restauradora está associada à gravidade. Uma oscilação pode ser entendida como sendo um movimento repetido periodicamente. Como exemplos temos: sistema massa mola, o oscilador harmônico e o pêndulo simples, sendo que o pêndulo será trabalhado neste roteiro.

Objetivo deste roteiro-guia: Verificar quais são os fatores que interferem no período e na frequência do pêndulo.

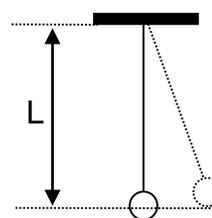
Situação: Tem-se um pêndulo de 80 cm de comprimento, considerando do ponto de apoio até o centro da bolinha (conforme Figura 1).

Escolher uma forma de coletar os dados: material prático ou simulação.

Material prático: Suporte metálico, fio, bolinha, trena, cronômetro, transferidor.

Figura 1 – Orientações sobre o pêndulo

Observação: O comprimento de um pêndulo simples é sempre tomado desde o ponto de apoio até o centro da massa que oscila. Veja a figura ao lado.



Material: *chromebooks* com acesso para o link:

https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_pt_BR.html

Atividades:

- Utilizar apenas 1 objeto nesta experiência e usar sempre uma amplitude de 5 graus para fazer as medidas.
- Medir o tempo de 10 oscilações e calcular o período médio e a frequência média (medir no mínimo 3 vezes).
- Repetir a experiência com os demais valores de comprimentos indicados no quadro 01.

Quadro 1 – Medidas de 10 oscilações do pêndulo simples

Comprimento – L (cm)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)	Frequência (Hz)
20			
40			
60			
80			

Fonte: Alunos participantes da pesquisa.

1. Verificar quantas vezes o período variou de um comprimento para o outro. Os aumentos no período são proporcionais? Comentar.
2. O que acontece com o período do pêndulo à medida que seu tamanho é aumentado?
3. Com base nas conclusões responder: se um pêndulo tivesse sua frequência aumentada 3 vezes, quantas vezes deve ter sido aumentado ou reduzido o seu comprimento?
4. Se o mesmo experimento fosse realizado na Lua, como os valores de período (para mesmos valores de L) se comparariam com os valores medidos na Terra?
5. Se aumentarmos o número de massas suspensas no pêndulo, **mantendo o comprimento constante**, haverá alguma alteração no período e na frequência da oscilação? Argumentar.

Questionário respondido de forma verbal e nos grupos pelos alunos

6. Quais conhecimentos sobre o tema trabalhado você tinha antes de desenvolver a atividade?
7. O grupo optou pelo experimento com material concreto ou pela simulação? Por que?

8. Após a escolha do grupo ocorreu o seu desenvolvimento. Neste contexto, houve mudanças de planos no decorrer da resolução? Se sim, quais? Comente.
4. Os materiais disponíveis, tanto físicos como virtuais foram suficientes para resolver a situação problema e responder às questões? Teve algum que foi relevante e merece ser destacado? Se sim, qual e por quê?
9. Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar a atividade com seu grupo de trabalho? Você adquiriu novos conhecimentos com esta atividade? Se sim, quais?
10. Descreva detalhadamente o passo a passo de como o grupo chegou ao objetivo proposto na atividade.



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09