

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

THIAGO OLIVEIRA PAIM LEMES

CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE CINEMÁTICA UTILIZANDO TDIC

UBERLÂNDIA

2021

THIAGO OLIVEIRA PAIM LEMES

CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE CINEMÁTICA UTILIZANDO TDIC

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Kagimura

UBERLÂNDIA

2021

THIAGO OLIVEIRA PAIM LEMES

CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE CINEMÁTICA UTILIZANDO TDIC

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Kagimura

Banca examinadora

Prof. Dr. Ricardo Kagimura – INFIS/UFU

Profa. Dra. Alessandra Riposati Arantes – INFIS/UFU

Prof. Dr. Wellington Akira Iwamoto – INFIS/UFU

AGRADECIMENTOS

A Caminhada foi longa. Queria primeiramente agradecer à Deus por estar vencendo mais esta etapa em minha vida. O senhor foi a luz que me direcionou e tornou esse trabalho uma realidade. Ao professor Ricardo Kagimura por todo o apoio, orientação e dedicação. A sua sutileza foi determinante e contribuiu para que o trabalho de conclusão de curso fosse possível.

À minha amada mãe Anete Oliveira que sempre me incentivou nos estudos e isso foi muito importante em minha decisão de me tornar um professor.

Ao meu pai Valdeci Lemes, que apesar do pouco estudo sempre acreditou que a educação seria a via mais honesta para um futuro melhor.

Ao meu irmão Bruno Oliveira, pela amizade e apoio em todas as minhas decisões. Muito obrigado.

À minha esposa Marcilene Dos Reis pelo incentivo e companheirismo. Obrigado por você existir.

À professora Alessandra Riposati que me recebeu de portas abertas quando ingressei na Licenciatura em Física em 2016. As suas orientações contribuíram para meu amadurecimento como professor.

Aos meus amigos da Licenciatura Joenes Martins e Ricardo Ranzatti por tudo que realizamos juntos. Foi um Prazer estudar com vocês.

Ao professor e amigo Renato Silva por todo apoio e dedicação. Sempre me orientando em meu trabalho como professor no estado. Apreendi muito com você.

À Universidade Federal de Uberlândia por oferecer um ensino gratuito e de qualidade e me receber de portas abertas.

RESUMO

Os conceitos básicos de aceleração, velocidade, posição e deslocamento, associados à cinemática, são extremamente importantes para a compreensão de situações cotidianas pelos estudantes, assim como são conhecimentos base para inúmeras outras áreas da Física. Tomando como base estes aspectos e a dimensão da importância do aprendizado em cinemática para o Ensino de Física, este trabalho traz uma proposta de abordagem desse tópico por meio do uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). Partindo da pesquisa-ação como metodologia, aplicou-se uma série de atividades a estudantes do 1º ano do Ensino Médio, utilizando-se de simulações e experimentos virtuais nas aulas com o objetivo de investigar se esse tipo de abordagem seria capaz de promover a aprendizagem significativa de alguns conceitos iniciais da cinemática, principalmente velocidade e ~~de~~ aceleração. Apoiando-se nos conceitos da aprendizagem significativa de Ausubel, as atividades focadas principalmente na resolução de problemas e na experimentação virtual, indicam que os estudantes podem construir de forma significativa os conceitos básicos, além de desenvolverem aspectos atitudinais relacionados à autonomia.

Palavras-chave: *Ensino de Física, Aprendizagem Significativa, Tecnologia, Cinemática.*

ABSTRACT

The basic concepts of acceleration, velocity, position and displacement, space, related to kinematics, are extremely important for understanding this specific topic of physics in a daily student life, as well they are crucial for students to understand countless other situations in the study of this science. Based on these aspects and the importance of learning in kinematics for the teaching of Physics, this work presents a proposal to approach this topic through the use of Digital Information and Communication Technologies (TDIC). Based on action research as a methodology, a series of activities was applied to 1st year high school students, using simulations and virtual experiments in class, seeking to investigate whether this type of approach would be able to promote meaningful learning of some initial concepts of kinematics, mainly velocity and acceleration. Based on Ausubel concepts of meaningful learning, the activities focused mainly on problem solving and virtual experimentation showed that students were able to significantly build the basic concepts, in addition to developing attitudinal aspects related to autonomy.

Keywords: *Physics Teaching, Meaningful Learning, Technology, Kinematics.*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 <i>Sobre Aprendizagem Significativa, Resolução de Problemas e Autonomia.....</i>	<i>12</i>
2.2 <i>TDIC no Ensino de Ciências: algumas observações.....</i>	<i>15</i>
2.3 <i>Experimentação no Ensino de Ciências e o uso de simulações computacionais nas aulas de Física.....</i>	<i>17</i>
2.4 <i>O Ensino de cinemática e suas implicações para o aprendizado da Física.....</i>	<i>20</i>
3. METODOLOGIA	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 <i>Explorando relações entre velocidade e aceleração no Movimento Uniformemente Variado.</i>	<i>26</i>
4.2 <i>Quantos aceleradores? Características vetoriais da velocidade e da aceleração</i>	<i>34</i>
4.3 <i>Aceleração gravitacional e queda livre.....</i>	<i>37</i>
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática das etapas da pesquisa-ação empregadas no desenvolvimento do trabalho.....	23
Figura 2. Tela inicial da simulação MOVIMENTO da plataforma Phet Colorado.....	27
Figura 3 - Demonstração dos gráficos de velocidade e posição envolvidos no MRUV através de simulação	31
Figura 4 - Estatística gerada pelo Google Formulários após a respostas dos estudantes de uma das turmas para a situação problema proposta após a primeira atividade.....	33
Figura 5 - Tela inicial da simulação GIRO 2D DA JOANINHA da plataforma Phet Colorado	36
Figura 6 - Tela inicial da simulação QUEDA LIVRE da plataforma Jogos da Escola	38
Figura 7 - Estatística gerada pelo Google Formulários após a respostas dos estudantes para os exercícios sobre queda livre	42

INTRODUÇÃO

Apesar de a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orientar a inserção de conceitos de Física desde o Ensino Fundamental (BRASIL, 2018), os estudos relacionados à cinemática são, de modo geral, um dos primeiros assuntos tratados a nível de Ensino Médio e, assim sendo, podem se tornar fator decisivo para o interesse dos estudantes e pela maneira com que os mesmos se desenvolverão nos processos de construção dos conceitos na disciplina de modo geral.

Como a Cinemática representa os modelos dos movimentos de corpos com baixa velocidade e de dimensões macroscópicas, tipicamente presentes no mundo de que quotidianamente participamos, seu correto entendimento, além de proporcionar ao aluno um conhecimento inicial de Física, apresenta algumas ideias sobre os meios pelos quais o conhecimento científico é adquirido (NAPOLITANO; LARIUCI, 2001, p. 120)

Muitas vezes, os grandes entraves para o entendimento dos conceitos de mecânica e da Física, de maneira geral, estão no modo como as aulas, as escolas e a abordagem dos professores estão tradicionalmente configuradas seguindo as mesmas metodologias de séculos atrás.

Em reflexão sobre o Ensino de Física, Moreira (2017) aponta que,

além da falta e/ou despreparo dos professores, de suas más condições de trabalho, do reduzido número de aulas no Ensino Médio e da progressiva perda de identidade da Física no currículo nesse nível, o ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados (MOREIRA, 2017, p. 2)

A título de exemplificação, o entendimento do conceito de aceleração pelos estudantes nas aulas de Física do ensino médio, pode apresentar entraves que dificultam sua compreensão, principalmente, no que diz respeito às diferenças entre as definições cotidianas e científica do termo “acelerar”. Corroborando com essa observação, Cordeiro (2003) afirma que,

em geral, no dia-a-dia, a utilização desse termo só contempla um aspecto: o aumento da velocidade, sem relacioná-la ao tempo. Esse conhecimento não é suficiente para dar um amplo suporte ao seu entendimento sob o aspecto científico e, quem sabe, pode até levar o aluno a algumas confusões ou, como se diz nos meios acadêmicos, isso pode dar origem a conceitos espontâneos (CORDEIRO, 2003, p. 11)

Com base nessas premissas pode-se inferir que apesar de serem cruciais para o entendimento de inúmeros outros tópicos da Física, a abordagem da cinemática no ensino médio, como tradicionalmente tem sido feita, mostra grandes fragilidades, sejam elas conceituais, metodológicas ou didáticas. Sendo assim, o estudo do movimento dos corpos

demanda reflexão sobre possibilidades de tratar esse assunto de forma a promover de fato a aprendizagem significativa pelos estudantes.

O termo “aprendizagem significativa” utilizado nesse texto está baseado nas definições de Ausubel (1968), que é caracterizada principalmente pela interação cognitiva entre o novo conhecimento e os conhecimentos já existentes. Ausubel defende que no processo da aprendizagem significativa, que deve ser feito de forma não-literal e não-arbitrária, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significado e adquire mais estabilidade.

Um ponto importante a se destacar é que na aprendizagem significativa o aprendiz não é apenas um receptor passivo, pelo contrário, depende de sua ação a internalização dos novos conhecimentos e sua ancoragem às ideias ancoradoras, sendo que essa assimilação só será realmente significativa se for feita de maneira substantiva e não arbitrária. Nesse contexto, Paulo Freire defende uma educação que valorize os conhecimentos dos estudantes e na autonomia dos mesmos. Ademais, de acordo com Moreira (1999),

nesse processo de ancorar os novos conhecimentos às ideias já existentes, o aprendiz ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento (MOREIRA, 1999).

Além disso, a justificativa para a escolha desse prisma de estudo e análise é respaldada também pelas orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que aponta como habilidade a ser desenvolvida pelos estudantes no Ensino de Ciências da Natureza no nível médio a capacidade de

elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BRASIL, 2017, p. 543).

Haja vista tais discussões, este trabalho tem sua justificativa central calcada na necessidade de se propor novas formas de abordagem dos conceitos físicos estruturantes, como a cinemática, de modo a garantir um ensino capaz de tornar os estudantes pessoas mais críticas e autônomas.

Nessa perspectiva as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) podem ser vislumbradas como possibilidades de fazer o ensino de conceitos da Física mais significativos e interessantes para os estudantes. Conforme apontam Motta *et al.* (2018) as

tecnologias educacionais podem promover mudanças importantes nos processos de ensino e aprendizagem, bem como propiciar novas formas de ver, ler e comunicar.

Outro aspecto a ser refletido está nas possibilidades de mudança de postura de estudantes e professores ao se romper com as abordagens tradicionais que visam simplesmente a memorização e o depósito de conceitos aos estudantes. Em uma perspectiva mais próxima da realidade dos discentes, é possível desenvolver habilidades que estão para além da aprendizagem de determinado tópico e transcendem para conceitos atitudinais como o desenvolvimento da autonomia dos estudantes. Parafraseando Freire (1996), o professor deve dar aos alunos ferramentas e suportes para que estes consigam construir seu próprio conhecimento, adquirindo assim autonomia sobre o conhecer e as aplicações do que se conhece.

Partindo destas discussões e do princípio que são necessárias alternativas para o ensino e aprendizagem de cinemática no ensino médio, o problema de pesquisa discutido aqui pode ser resumido por meio do seguinte questionamento: o uso de TDIC na abordagem de conceitos da cinemática é capaz de favorecer a aprendizagem significativa e a autonomia dos estudantes?

A partir dessa problemática, esse trabalho tem como principal objetivo propor, por meio de relato de experiência e descrição de procedimentos didático/metodológicos, possibilidades para que os docentes possam fazer o ensino de conceitos básicos da cinemática (aceleração, movimento dos corpos em queda livre e lançamentos) por meio de simulações computacionais e experimentos virtuais. Para tais discussões foram feitas algumas observações e ponderações, tendo como base atividades desenvolvidas durante aulas de Física com estudantes do 1º ano do ensino médio de duas escolas em que o professor/pesquisador atua, sendo uma particular e outra pública.

Vale destacar aqui que devido à pandemia de COVID-19, que impossibilitou a realização de aulas presenciais durante praticamente todo o ano de 2021, todas as aplicações, testes e observações foram feitas por meio de aulas remotas, formulários digitais e atividades não-presenciais.

No desenvolvimento das aulas foram feitos alguns questionamentos aos estudantes, propostos alguns desafios e trabalhados alguns conceitos utilizando-se principalmente simulações disponíveis na plataforma PHET Colorado¹, que de acordo com Pinheiro (2015) é um Portal que oferece gratuitamente muitos *softwares* de simulações de fenômenos Físicos, Químicos e Biológicos baseados em pesquisas realizadas por vários pesquisadores de diversas Universidades do mundo.

¹ As simulações computacionais disponibilizadas de forma gratuita pela plataforma PHET Colorado podem ser acessadas por meio do endereço eletrônico https://phet.colorado.edu/pt_BR/ - Acesso em: 01 ago. 2021.

As discussões advindas do desenvolvimento dessa pesquisa são baseadas principalmente na observação docente durante o desenvolvimento das aulas, na análise das atividades dos estudantes e reflexão sobre a *práxis* do professor/pesquisador. Sendo assim, pode-se definir metodologicamente as investigações descritas aqui como uma pesquisa-ação, onde os dados obtidos, analisados e as discussões provenientes dessa análise advêm da própria ação/reflexão do professor/pesquisador e do grupo estudado.

Visando melhor organizar as discussões trazidas nesse texto, elas foram estruturadas em quatro tópicos básicos. No primeiro, serão discutidos os referenciais teóricos que embasarão as discussões e análises dos resultados obtidos através das observações. Nesse tópico serão abordados aspectos relacionados às TDIC e o seu uso no Ensino de Física, além de algumas ponderações de autores que versam sobre Aprendizagem Significativa, autonomia dos estudantes, a importância da experimentação para o ensino de ciências e dos conceitos de cinemática para a compreensão geral da Física.

A segunda seção tratará da metodologia utilizada como referência para o desenvolvimento das atividades com os estudantes, a coleta e a análise dos dados obtidos. Nela serão tratados aspectos e definições sobre pesquisa-ação e algumas considerações relacionadas aos procedimentos adotados na pesquisa conforme a delimitação do problema e os objetivos definidos anteriormente.

O tópico subsequente versará sobre os resultados observados e suas discussões, aliadas aos objetivos da pesquisa. Além disso, serão feitas algumas reflexões sobre a prática docente e a aprendizagem dos estudantes. Este tópico se destina especificamente à análise dos dados e algumas observações docentes importantes, tanto no que se refere ao desempenho dos estudantes, quanto à forma de abordagem do tema pelo professor/pesquisador.

No último tópico serão elencadas algumas considerações e ponderações finais sobre todas as observações e reflexões feitas durante o processo de pesquisa-ação. Tais considerações pretendem, embora sucintamente, fazer um arrazoado desde a proposição do problema de pesquisa, passando pelo desenvolvimento das atividades com os estudantes e finalizando-se na análise e discussão dos dados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E AUTONOMIA

Educar para a ciência e por meio da ciência, nos tempos atuais, requer que os docentes tenham consciência da amplitude dos objetivos do processo de ensino e aprendizagem, baseado na formação de pessoas críticas e reflexivas. Atualmente, não é possível conceber o ensino com fim em si mesmo e, tampouco, o professor como um ser dotado de todo conhecimento e informação. Assim, é necessário um rompimento com a lógica da aula tradicional, ou seja, aquela baseada na simples exposição de conteúdo pelo professor e memorização de conceitos pelos estudantes.

Assim, como define Freire (1996), não é possível ensinar pela transmissão do conhecimento. Ao contrário, os que pensam assim, negligenciam um valoroso detalhe, não se pode transferir conhecimento porque cada ser humano é único e dinâmico, sendo, portanto, responsável pela produção de seu próprio conhecimento. Sendo assim, o professor deve dar aos alunos ferramentas e suportes para que estes consigam construir seu próprio conhecimento, adquirindo assim autonomia sobre o conhecer e as aplicações do que se conhece.

Além disso, não se pode mais observar os estudantes como simples espectadores que assimilam as informações passivamente e sem autonomia no seu processo de ensino e aprendizagem. Em um de seus livros: *Pedagogia da Autonomia* - Freire (1996), já em suas primeiras falas, afirma que definitivamente ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção. Na era digital, os estudantes tem a capacidade de interagir entre eles e com os objetos de estudo de forma bastante espontânea e isso deve ser explorado, melhorando a percepção conceitual dos discentes.

Referindo-se especificamente à teoria da Aprendizagem Significativa, um ponto importante a se destacar é que nessa perspectiva de ensino, o aprendiz não é apenas um receptor passivo, pelo contrário, o aprendizado efetivo depende de sua ação, da internalização dos novos conhecimentos e sua ancoragem às ideias ancoradouras. Essa assimilação só será realmente significativa se for feita de maneira substantiva e não arbitrária. De acordo com Moreira (1999),

nesse processo de ancorar os novos conhecimentos às ideias já existentes, o aprendiz ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento (MOREIRA, 1999).

O estudante aprende através da conjugação sistemática destes dois mecanismos: diferenciação progressiva de conceitos mais gerais e abrangentes que vão se diferenciando e especificando cada vez mais e através da reconciliação integradora entre os conceitos já suficientemente diferenciados e especificados para originarem outros conceitos mais gerais (VALADARES, 2011).

Partindo do princípio que o conhecimento é construído pelos próprios indivíduos que busca conhecer, pode-se entender que o papel do professor nesse processo é de facilitador/orientador desse processo de construção. Assim sendo, cabe ao docente traçar estratégias didáticas e metodológicas para propiciar aos estudantes condições para que construam o conhecimento de forma significativa.

Dentre as diferentes maneiras de criar condições para que os estudantes construam o conhecimento, a resolução de problemas se destaca, uma vez que intrinsecamente é necessário um esforço no sentido de construir conhecimento quando se procura resolver um problema proposto. Conforme destacam Costa e Moreira (2001) se a estrutura cognitiva já possui as subsunções adequadas para permitir a reorganização do conhecimento, a resolução do problema terá cumprido o seu papel para a aprendizagem significativa. Vale destacar aqui que resolver problemas não se restringe àqueles de natureza numérica e sim a qualquer situação proposta que necessite de elaboração de pensamento e proposição de hipóteses para sua solução.

No Ensino de Física, as propostas que envolvem a resolução de problemas podem instigar a curiosidade dos estudantes e a proposição de novas ideias. Com isso, é possível que os discentes façam uma aproximação progressiva do pensamento científico e aprimorem suas concepções sobre diversos temas, inclusive a cinemática, que é objeto de estudo aqui.

Assim,

de uma forma bastante genérica, pode-se dizer que uma dada situação, quantitativa ou não, caracteriza-se como um problema para um indivíduo quando, procurando resolvê-la, ele não é levado à solução (no caso dela ocorrer) de uma forma imediata ou automática. Isto é, quando, necessariamente, o solucionador se envolve em um processo que requer reflexão e tomada de decisões sobre uma determinada sequência de passos ou etapas a seguir (PEDUZZI, 1997, p. 230)

Nesse aspecto, é válido discutir que a resolução de problemas passa pela existência de um problema e essa perspectiva difere-se de um simples exercício. Enquanto na resolução de problemas não se conhece a resposta final e deve-se construir um caminho investigativo na busca de uma solução para a situação proposta de um exercício tem por finalidade a aplicação de ideias já conhecidas, não exigindo novos conhecimentos ou habilidades. Como distingue Peduzzi (1997), em um exercício independentemente de sua natureza, o que se observa é o uso

de rotinas automatizadas como consequência de uma prática continuada. É importante ressaltar aqui que os exercícios também são importantes para o processo de aprendizado, uma vez que é através dele que o estudante desenvolve e consolida habilidades.

Infelizmente, a didática usual da resolução de problemas sofre de sérias insuficiências. Particularmente na área do ensino da física, o que se verifica é que o professor, ao exemplificar a resolução de problemas, promove uma resolução linear, explicando a situação em questão como algo cuja solução se conhece e que não gera dúvidas nem exige tentativas. Ou seja, ele trata os problemas ilustrativos como exercícios de aplicação da teoria e não como verdadeiros problemas, que é o que eles representam para o aluno (PEDUZZI, 1997, p. 230).

Com base nessas observações é evidente que o docente deve ter consciência de que trabalhar os conceitos de Física por meio da resolução de problemas exige mais perguntas do que respostas. É necessário que o professor tenha claro que nessa perspectiva, o caminho percorrido pelo estudante na busca da solução do problema é muitas vezes mais importante que a solução em si.

Outro fator importante que associa a aprendizagem significativa e a resolução de problemas no Ensino de Física é a possibilidade de desenvolver nos estudantes, durante essa abordagem, a autonomia. Tal autonomia, surge da necessidade de se investigar determinada situação lançando mão de seus conhecimentos anteriormente construídos com o intuito de solucionar uma situação descrita pelo professor. Esse pode ser o primeiro passo para a extrapolação da autonomia para além do processo de resolver um problema da disciplina de Física.

Sobre essa autonomia no ensino de ciências, os docentes podem (e devem) proporcionar condições para que os estudantes possam utilizar-se dos conceitos aprendidos em sala de aula, das discussões com seus pares e da prática de resolver problemas, posicionar-se como atores principais de sua construção de conhecimento. Assim como descreve Peroza (2021) citando Paulo Freire, o que importa é que se desencadeie o desenvolvimento da autonomia cognoscente do educando, para que este seja tutor de sua própria curiosidade, superando suas possíveis ingenuidades com rigorosidade e criticidade.

O conceito básico de ensinar como prática de escutar e acompanhar o aluno na construção de suas próprias ideias, na elaboração de suas proposições e nos testes de suas hipóteses, sem que para isso o professor tenha que dar a ele todas as respostas. Ao contrário, para Freire (1996), ensinar é instigar o aluno a construir seu conhecimento de forma autônoma. Sendo assim, de nada adianta um discurso bonito sobre deixar o aluno construir seu conhecimento e uma prática que o impede de caminhar com suas próprias pernas.

2.2 TDIC NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ALGUMAS OBSERVAÇÕES

O Ensino de Ciências está permeado de situações que relacionam conceitos científico abstratos para explicar inúmeras situações comuns do cotidiano. Tais explicações científicas, dependendo de como são abordadas em sala de aula, podem se transformar em obstáculos à construção do conhecimento pelos estudantes.

Nesse contexto, é inegável que os docentes necessitam lançar mão de diversas ferramentas para aproximar o conhecimento científico do entendimento dos estudantes de modo a fazer com que a aprendizagem seja significativa, sem que para isso, se perca a essência dos conceitos, criando caminhos para que o pensamento científico e crítico dos discentes possa ser desenvolvido. A experimentação, a investigação e o uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) são exemplos de algumas dessas ferramentas.

Falando especificamente sobre o uso das tecnologias e suas potencialidades para o ensino de ciências, Motta *et. al* (2018) afirmam que

as tecnologias educacionais podem abrir possibilidades para repensar o ensino, promovendo mudanças significativas na forma como são ensinados e aprendidos os conteúdos das disciplinas curriculares, principalmente aquelas relacionadas ao ensino de Ciências e Matemática (MOTTA, et. al 2018, p. 67).

Os avanços tecnológicos dos últimos tempos trouxeram para o cenário educacional do Ensino de Ciências diversas ferramentas que potencialmente podem ser utilizadas como facilitadoras no processo de aprendizagem de conceitos pelos estudantes. Como aponta Mortale *et. al.* (2017), esse desenvolvimento tecnológico tem modificado profundamente o cotidiano das pessoas e a escola não pode ficar alheia a essa realidade, ela precisa se adaptar e ensinar ao estudante como conviver com as TDIC também dentro dela.

O uso das TDIC em sala de aula tem potencialidades que vão desde a facilitação do processo de construção de modelos explicativos à aproximação de conceitos abstratos ao entendimento dos estudantes por meio de simulações, experimentos virtuais e cálculos de variáveis. Além disso, fatores sociais do desenvolvimento como a interação e a interdisciplinaridade podem ser facilitados por meio do uso das tecnologias digitais no ensino de ciências.

Sobre o papel das TDIC no processo de formação dos cidadãos a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca que sua utilização na escola não só possibilita maior apropriação técnica e crítica desses recursos, como também é determinante para uma aprendizagem significativa e autônoma pelos estudantes (BRASIL, 2018).

Para Gonçalves (2019), as TDIC se destacam quando utilizadas nas aulas por estimularem o trabalho em grupo, a interdisciplinaridade, a solução de desafios, a conectividade, a aprendizagem com as vitórias e com as derrotas, a aulas mais interessantes, a diferenciação da realidade virtual e teórica, entre outras.

Inegavelmente a sociedade atual vive em tempos onde a tecnologia e suas aplicações estão por toda parte, tornando seu uso praticamente inevitável nas ações humanas e isso não se difere no contexto educacional. As novas formas de comunicação e interação social estabelecidas com o advento das TDIC têm influenciado na forma com que vemos o mundo ao nosso redor. Tal perspectiva evidencia o fato de que não é mais concebível que os processos educacionais se tornem alheios a essas mudanças e, caso eles assim tentem fazer, estarão fadados ao fracasso uma vez que não alcançarão os atores principais do processo que são os estudantes.

Contudo, os docentes não devem reconhecer somente as potencialidades do uso das TDIC no ensino, como se as tecnologias por si só fossem a receita mágica para superar todas as dificuldades de aprendizagem. Há de se mensurar também seus limites e a insubstituível ação humana no processo de construção do conhecimento. Assim como claramente destacam Motta *et. al* (2018), faz-se necessário que ao introduzir uma tecnologia educacional em sala de aula, o docente tenha bem definidas as suas fragilidades e potencialidades.

É importante que professores e estudantes enxerguem o uso da tecnologia como facilitadora do processo de ensino e aprendizagem. Isso significa conceber as TDIC como parte integrante do processo de aprendizado, ou seja, a forma como as TDIC serão manipuladas ao longo do processo de construção dos conceitos será fator preponderante para que se alcance, ou não, os objetivos estabelecidos. Nesse cenário, vale argumentar que as tecnologias educacionais trazem para o ensino uma nova forma de enxergar o mundo e assim sendo, modificam significados e papéis dentro desse processo, principalmente os que se referem ao papel do professor e do estudante. Como argumentam Motta *et. al* (2018),

pensar a educação com as tecnologias educacionais está além de ter estes artefatos apenas como recursos, mas em repensar todo o processo educacional trazendo novos significados a ele. O professor, nesse contexto, desempenha um papel fundamental na elaboração de estratégias centradas na experimentação, que proporcionem ao aluno um ambiente pedagógico atrativo, sendo mediador dos processos (MOTTA *et. al.*, 2018, p. 68).

No cenário atual a importância do uso das TDIC no desenvolvimento do Ensino de Ciências, em especial no Ensino de Física, é inegável e torna-se cada vez mais importante compreender que o papel do professor passa a ser de mediador do processo de construção do

conhecimento. Assim sendo, é importantíssimo abandonar a ideia arcaica de que a escola, a biblioteca e o professor são as únicas fontes de informação dos estudantes.

A escola deve deixar de ser simplesmente transmissora de informação e direcionar sua intenção com a aprendizagem, pois o objetivo da aprendizagem é a busca da informação significativa, da pesquisa, o desenvolvimento de projetos e não somente a transmissão de conteúdos específicos (FERREIRA *et. al*, 2021, p. 4).

Atualmente vivemos em uma sociedade na qual o fluxo de informação é grande, permitindo novas possibilidades de interação social, o surgimento de novos comportamentos e ainda novas perspectivas de aprendizagem (PESSOA *et. al*, 2018). Além disso, a informação chega até nós de diversas formas e por diversas fontes, praticamente o tempo todo.

Sendo assim, é cada vez mais necessário que os docentes assumam o papel de mediação entre a informação e o conhecimento, dando aos estudantes a possibilidade de transformarem informação em conhecimento. Daí a importância de saber usar as TDIC como ferramentas facilitadoras de forma crítica e mais arrojada pelos docentes. Tal percepção é crucial para que o uso das tecnologias em suas diversas formas propicie ao ensino de ciências o que elas têm a oferecer de melhor: meios para que os estudantes sejam protagonistas na construção significativa do conhecimento.

2.3 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS E O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NAS AULAS DE FÍSICA

O uso de atividades experimentais e simulações computacionais no Ensino de Física (e de ciências de modo geral) é tema amplamente debatido em diversas pesquisas (BORGES, 2002; SOUZA, 2015; PEREIRA; MOREIRA, 2017; SILVA *et. al*, 2019; SILVA; MERCADO, 2019).

Inegavelmente, quando conduzida de maneira crítica e reflexiva, a experimentação é capaz de promover o desenvolvimento do pensamento científico, autonomia, investigação e a construção progressiva de conceitos na abordagem de diversos tópicos da Física. A abordagem por meio de atividades experimentais no Ensino de Física, advém da essência da construção dessa ciência que tem na observação e investigação da natureza suas bases epistemológicas.

Pereira e Moreira (2017) afirmam que a necessidade da abordagem prático-experimental no processo de ensino e aprendizagem de uma ciência natural, como a Física, decorre da legitimação da experimentação como a busca para desvelar a natureza, a ciência da experiência.

No ensino, a experimentação e as atividades práticas de observação de fenômenos físicos podem ser fator decisivo no despertar dos estudantes para o interesse em compreender a natureza e os conceitos envolvidos, mudando a visão de muitos discentes sobre as aulas de Física. Silva *et. al* (2019) argumentam que, desde que esteja baseada na ideia de proporcionar aos estudantes a capacidade de resolver e propor problemas,

a atividade experimental poderá propiciar aos alunos a possibilidade de autonomia e protagonismo, ao realizarem registros, discutirem resultados, levantarem hipóteses, avaliarem possíveis explicações e discutirem, entre seus pares e com o professor, as razões e as etapas do experimento. Essa atividade, contudo, deve ser sistematizada, visando a promoção de uma análise reflexiva desde sua origem, capacitando os sujeitos da ação a tornarem-se protagonistas de sua própria aprendizagem.

Nessa fala, percebe-se que não se pode tomar a atividade experimental como uma “receita mágica” que irá fazer com que os estudantes desenvolvam o senso crítico e construam o conhecimento de maneira imediata. Apesar de seu inquestionável potencial na construção do conhecimento, as atividades práticas também devem ser criteriosamente ladeadas de intencionalidade e de crivo, mensurando-se sempre seus limites e suas potencialidades.

Outro fator importante a se considerar quando falamos de atividades experimentais no Ensino de Física é a análise dos resultados. Tradicionalmente, existe uma tendência em se fazer do momento da realização do experimento ou observação do fenômeno o ponto mais importante da atividade, dando às discussões e reflexões posteriores um papel coadjuvante no processo. Talvez, esse seja um dos grandes equívocos ao se utilizar das atividades experimentais no Ensino de Física, uma vez que o objetivo principal deve ser a reflexão e a resolução de problemas baseada na observação e construção dos conceitos.

Borges (2002) afirma que

as principais críticas que se fazem a estas atividades práticas é que elas não são efetivamente relacionadas aos conceitos físicos; que muitas delas não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados; que as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter respostas esperadas consomem muito ou todo o tempo disponível. Com isso, os estudantes dedicam pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada.

Quando o professor desenvolve a atividade experimental dando maior enfoque à simples observação de fenômenos e registro de dados, buscando respostas que já se esperava ou simplesmente a comprovação de determinada teoria, corre-se o risco de que os estudantes considerem esse momento simplesmente como uma atividade lúdica e não como uma forma de

construir conhecimento. O debate, as análises e a proposição de hipóteses para solucionar problemas devem ser os pontos centrais de toda atividade prática/experimental.

As discussões em torno das atividades experimentais e suas aplicações para o Ensino de Física mostram que, de fato, é importante que essa metodologia faça parte do processo de ensino e aprendizagem e que todas as implicações associadas a seus objetivos, limitações e possibilidades sejam consideradas pelo professor.

Questões relacionadas à falta de laboratórios e estrutura nas escolas também podem ser constituir como um aspecto dificultador para a abordagem experimental no ensino. É nesse ponto que os experimentos virtuais e as simulações computacionais se destacam como alternativas para que as atividades experimentais sejam desenvolvidas nas aulas. De maneira geral, o uso de recursos computacionais nas atividades experimentais, principalmente em Física, já é praticamente inevitável, seja para fazer leituras de resultados, tabulação de dados ou análises matemáticas.

No cenário contemporâneo, raras são as práticas experimentais que não exploram, em algum grau, as potencialidades dos recursos virtuais, seja essa relação evidente na problematização, montagem do aparato experimental, coleta, tabulação e/ou análise dos dados (SILVA; MERCADO, 2019). Para além do uso das ferramentas computacionais como simples auxiliadoras nos experimentos, as TDIC podem ser utilizadas como principal forma de realização de experimentos ou observações de fenômenos nas aulas de Física.

As TDIC podem proporcionar a professores e estudantes a possibilidade de observar um experimento remotamente ou simular algum fenômeno físico analisando inclusive diversas variáveis, mesmo quando não se dispõe de um laboratório ou equipamentos específicos na escola. Tratando-se especificamente das simulações computacionais no Ensino de Física além de ser uma forma de abordagem de conceitos muito próxima dos conhecimentos tecnológicos dos estudantes, também proporcionam analisar situações em diversas perspectivas sem que para isso seja necessária uma grande estrutura de laboratório.

Outro fator importante a se considerar é que as simulações podem ser utilizadas em diferentes etapas do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos, seja na introdução de determinado assunto, na problematização, na sistematização do conceito ou até mesmo na aplicação e extrapolação daquilo que foi estudado. Como argumenta (SOUZA, 2015) as simulações computacionais são recursos pedagógicos valiosos que facilitam a aprendizagem e podem auxiliar a desmistificar a imagem da Física no âmbito escolar, como uma disciplina difícil, que contém apenas fórmulas, um ramo da Matemática.

Com base nessas discussões e para além delas é que se entende a importância e a viabilidade do uso de atividades experimentais nas aulas de Física. A observação de fenômenos, a análise e discussão dos dados e a proposição de hipóteses advindas das atividades práticas no Ensino de Física, podem ser fator preponderante para que a aprendizagem dos estudantes seja significativa. Nesse cenário, os experimentos virtuais e as simulações computacionais se destacam como forma de realizar atividade prático-pedagógicas nas aulas de Física mesmo quando a escola não dispõe de uma estrutura de laboratório. Além disso, as simulações podem auxiliar professores e estudantes na análise dos dados e trata-se de algo muito próximo da realidade dos estudantes nos tempos em que vivemos, a chamada era da informação.

Vale destacar novamente que, assim como todos os recursos didáticos/pedagógicos que ser oferecem ao processo de construção do conhecimento, a experimentação (seja ela virtual ou tradicional) deve ser circunscrita de crivo, critérios e crítica para que se torne de fato um diferencial nas aulas e promova condições para a aprendizagem significativa e para a autonomia dos estudantes.

2.4 O ENSINO DE CINEMÁTICA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O APRENDIZADO DA FÍSICA

Tradicionalmente, os conceitos de cinemática são, por via de regra, um dos primeiros contatos que os estudantes tem de forma mais incisiva com a disciplina de Física do Ensino Médio. De modo geral, a abordagem desses conceitos acontece no último ano do ensino fundamental e é consolidado no primeiro ano do Ensino Médio. O fato de ser o primeiro contato do estudante com o estudo dos fenômenos físicos, já faz desse conceito um dos mais cruciais para o desenvolvimento e aproximação do estudante com a disciplina de Física. Como apontam Leill *et. al* (2020, *apud* VILLAS BOAS *et. al*, 2016),

um dos maiores desafios enfrentados atualmente no processo de ensino e de aprendizagem está vinculado a falta de motivação para aprender de nossos estudantes. Tal dificuldade se revela especialmente no estudo de conteúdos de Ciências e de Matemática mesmo que esses campos do conhecimento sejam notoriamente reconhecidos como essenciais para desenvolvimento científico em geral e para diversas outras áreas em particular (LIELL; BAYER; LEDUR, 2020, p. 58).

Além das observações relacionadas aos fatores motivacionais e as possibilidades de despertar nos estudantes ao interesse por aprender Física, os conceitos de cinemática são vistos como estruturantes para o entendimento de diversos outros tópicos da Física, com por exemplo, dinâmica, eletrodinâmica, eletromagnetismo, gravitação universal, entre outros.

Apesar de verificada a importância de que haja uma abordagem significativa da cinemática, proporcionando aos estudantes a possibilidade de compreender os conceitos relacionados ao movimento dos corpos, ainda nos dias atuais o estudo da cinemática nas escolas tem sido feito de forma tradicional, onde o discente se restringe a ler textos e executar cálculos desconectados das observações dos fenômenos. Em relação a essas observações, Moreira (1999), discute que definitivamente, não é, ou não deveria ser, época de ensinar Física sob a abordagem de um único texto.

Outras observações importantes sobre o Ensino de cinemática no ensino médio são as dificuldades que os discentes apresentam para a compreensão de determinados conceitos que podem se tornar grandes obstáculos para a construção do conhecimento pelos estudantes.

Muitos professores relatam a dificuldade que os alunos têm em interpretar os aspectos relativos à Cinemática, tanto com relação aos problemas, como aos conceitos de posição em função do tempo, assim como em identificar o tipo de movimento, ou ainda, de diferenciar o MRU do MRUV nas posições horizontal e vertical, respectivamente, no movimento parabólico (PRUDENCIO, 2017, p. 28).

Tendo em vista as dificuldades apresentadas pelos estudantes é extremamente importante que o professor busque por alternativas para transpor esses obstáculos. Conforme já discutido anteriormente, as dificuldades acumuladas por questões relacionadas à forma como a cinemática é abordada em sala de aula podem ser superadas caso haja por parte do professor a proposição de alternativas mais significativas para a construção do conceito. Como de Liell *et. al* (2020) discutem, não restringindo sua ação pedagógica apenas à transmissão de conhecimento, apresentadas como verdades absolutas e acabadas, a escola e o professor propiciam aos estudantes o encontro com um mundo mais amplo e diverso que o seu.

3. METODOLOGIA

Tomando como referência os objetivos dessa pesquisa, que se atentaram a investigar a construção de conceitos nas aulas de Física, em específico conceitos iniciais da cinemática. Nesse capítulo serão discutidos os referenciais metodológicos que direcionaram as observações, análises e discussões detalhadas no capítulo subsequente. De modo geral, conforme afirma Carvalho (2004), pesquisas como a descrita aqui obedecem a um delineamento do tipo qualitativo, uma vez que interpretam a fala, a escrita, os gestos e ações dos docentes e discentes durante as aulas.

Por se tratar de uma pesquisa baseada nas observações advindas da própria prática do professor/pesquisador entende-se que a metodologia que embasa as investigações descritas nesse texto é a pesquisa-ação. Assim, como referencial para a delimitação das etapas metodológicas da pesquisa, serão consideradas as características da pesquisa-ação definidas principalmente por Engel (2000) e Tripp (2005).

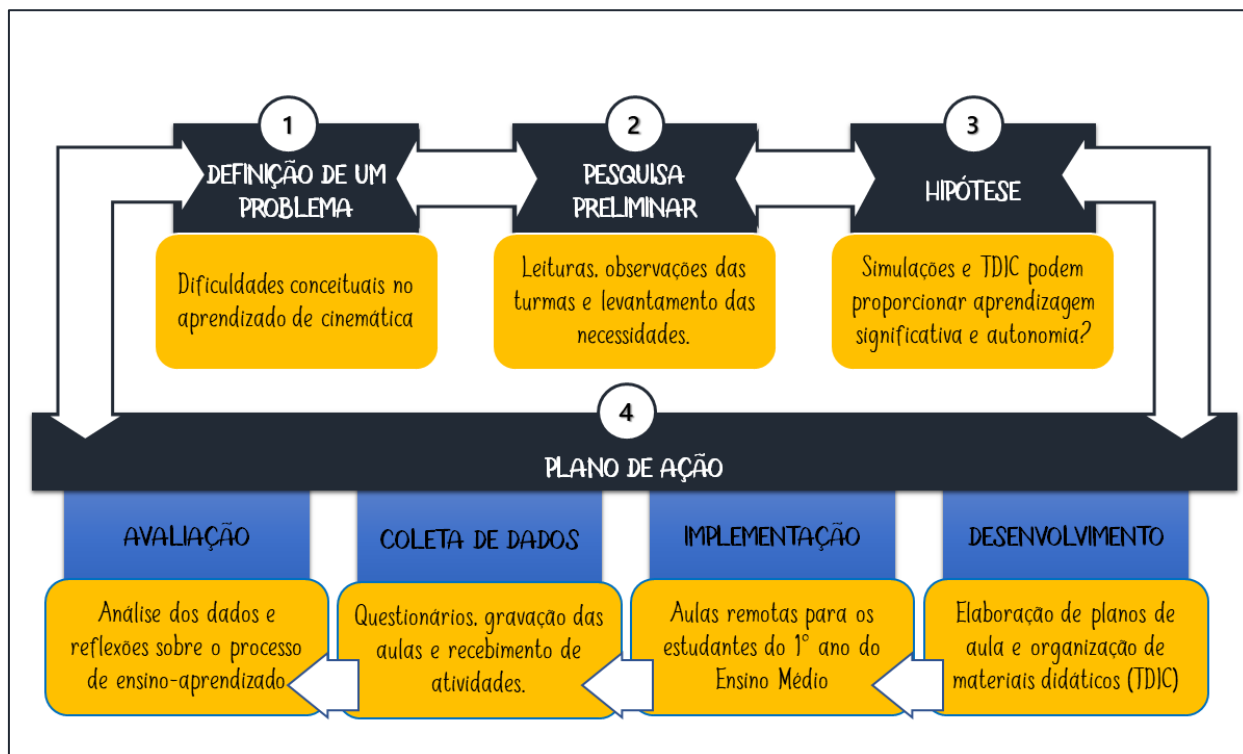
A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa participante engajada, em oposição à pesquisa tradicional, que é considerada como “independente”, “não-reativa” e “objetiva” (ENGEL, 2000). Dessa forma, o pesquisador além de fazer parte do processo investigativo por meio da observação, também participa ativamente das ações, influenciando e sendo influenciado ao longo do desenvolvimento de sua pesquisa.

A pesquisa-ação surgiu da necessidade de superar a lacuna entre teoria e prática. Uma das características deste tipo de pesquisa é que através dela se procura intervir na prática de modo inovador já no decorrer do próprio processo de pesquisa e não apenas como possível consequência de uma recomendação na etapa final do projeto (ENGEL, 2000, p. 182).

Tripp (2005) resume as etapas da pesquisa-ação por meio de ações desempenhadas pelo pesquisador antes, durante e após o processo de pesquisa indicando que planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação. Citando Brown e Downling (2001, *apud* ENGEL, 2005) pode-se definir pesquisa-ação como um termo que se aplica a projetos em que os práticos buscam efetuar transformações em suas próprias práticas.

Alinhadas com o caráter cíclico da pesquisa-ação as etapas seguidas no desenvolvimento da pesquisa foram definidas conforme resume o diagrama da Figura 1, sempre tendo em mente que as fases finais devem ser usadas para aprimorar os resultados das fases anteriores (ENGEL, 2005).

Figura 1. Representação esquemática das etapas da pesquisa-ação empregadas no desenvolvimento do trabalho.



Fonte: autoria própria (adaptado de ENGEL, 2005)

Conforme representa o esquema metodológico da Figura 1, esta pesquisa iniciou-se durante a elaboração do projeto de pesquisa (disciplina TCC 1) do curso de graduação em Física da Universidade Federal de Uberlândia. Nessa oportunidade decidiu-se delimitar o problema de pesquisa a ser estudado nas dificuldades sobre os conceitos básicos de cinemática, haja vista a importância desses conceitos para inúmeros outros dentro do estudo da Física. Conforme indica Engel (2005), após a identificação de um conjunto de situações problemáticas que podem ser objeto de pesquisa, cada uma delas deve ser submetida a uma análise prévia para verificação de seu grau de relevância prática ou viabilidade.

Além disso, após delimitado o problema de pesquisa, foi hora de fazer o levantamento bibliográfico e, também, diversas leituras sobre os aspectos didáticos, epistemológicos e metodológicos relacionados com o processo de ensino-aprendizado de cinemática. Concomitante a esses levantamentos teóricos, foram feitas algumas observações prévias dos estudantes e levantamentos iniciais sobre suas concepções de determinados aspectos gerais relacionados ao movimento dos corpos. Para esta etapa, além das observações e discussões nas aulas foi aplicado um questionário aos estudantes buscando levantar suas concepções sobre conceitos como aceleração, gravidade e referencial.

Em pesquisa-ação, a revisão da literatura traz ao pesquisador experiências de pesquisas semelhantes realizadas anteriormente. Já a observação em sala é feita com intento inicial de entender o que realmente está ocorrendo em sala de aula com relação à situação problemática. Por fim, o levantamento das necessidades irá apontar as dificuldades e necessidades dos discentes (ENGEL, 2005)

Seguindo com as etapas da pesquisa-ação, após fazer o levantamento prévio das dificuldades conceituais iniciais dos estudantes, foi formulada a seguinte hipótese: O uso das TDIC poderiam ser capazes de promover uma abordagem dos conceitos de cinemática de forma a ressignificar o entendimento prévio dos estudantes, propiciar a aprendizagem significativa e desenvolver a autonomia dos estudantes?

De posse dessa hipótese, partiu-se para a fase final da pesquisa onde se desenvolveu o plano de ação.

Para reverter a situação problemática e com base na hipótese levantada, o professor decide, então, modificar seu modo de transmissão do conteúdo da disciplina, por exemplo, fazendo maior uso de meios audio-visuais, com exercícios de fonética, diálogos, exercícios de compreensão da língua oral, além dos exercícios tradicionais de leitura, compreensão de textos e expressão escrita (ENGEL, 2005, p. 187).

No desenvolvimento inicial do plano de ação, elaborou-se alguns planos de aula buscando organizar as discussões, metodologias, ferramentas e as atividades que seriam aplicadas aos estudantes durante a fase de implementação. Nessa etapa, foram ministradas aulas remotas² para estudantes do 1º ano do ensino médio. Os estudantes que participaram da pesquisa cursam o ensino médio em duas escolas, uma pública estadual e outra particular, localizadas respectivamente na cidade de Uberlândia-MG e em uma cidade vizinha. Todos os participantes são alunos de turmas regulares onde o professor/pesquisador atua como docente na disciplina de Física. Como a participação nas aulas remotas era facultativa aos estudantes, não se pode determinar especificamente um quantitativo de estudantes que estiveram envolvidos nas atividades. Entretanto, pode-se dizer que houve a participação, em média, de cerca de 40 estudantes nas atividades desenvolvidas.

Cabe destacar que, de acordo com os objetivos de análises estabelecidos, não foram feitas comparações específicas entre os resultados obtidos pelos estudantes da escola pública e particular. Assim, optou-se por inserir os dados dos discentes da escola particular juntamente com aqueles obtidos em uma das turmas da escola estadual.

² As aulas foram trabalhadas remotamente devido à impossibilidade de desenvolver-se atividades didáticas presenciais por conta da pandemia de COVID-19.

Durante as aulas, foram feitas diversas observações e coletados dados por meio da gravação das aulas, respostas dos estudantes às atividades e problemas propostos na aula ou para casa. Nessa etapa de coleta de dados, o objetivo é ter subsídios para a medição do nível de participação dos estudantes e, a seguir, estabelecer um confronto entre o nível de participação dos discentes antes de implementação do plano e depois (ENGEL, 2005).

Na finalização do plano de ação, etapa de avaliação, foram feitas análises crítico-reflexivas sobre todas as fases anteriores e o processo de desenvolvimento das atividades, fazendo-se um comparativo qualitativo da possível evolução do pensamento dos estudantes a respeito dos conceitos abordados e o quanto tal evolução está relacionada à maneira com que estes conceitos foram abordados.

Assim, como indica Engel (2005), de posse dos dados levantados na fase anterior, resta ao professor analisá-los e interpretá-los, com o intuito de obter suas conclusões e verificar se os objetivos do plano de aula foram cumpridos. Nesse trabalho, tomaremos como referência para fazer essa verificação, principalmente de forma qualitativa, a observação de mudanças na participação dos alunos durante as discussões das aulas e das atividades (avaliação de conteúdo atitudinal) e também os dados obtidos pelas respostas dos estudantes a alguns questionários aplicados no decorrer das atividades (avaliação de conteúdo conceitual). Entretanto, vale salientar que a avaliação sobre os resultados obtidos requer maiores discussões, que poderiam ser obtidas por meio de um novo ciclo de pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor organização das discussões que serão realizadas neste capítulo decidiu-se dividi-lo de acordo com a sequência de aulas e com as abordagens feitas durante as atividades desenvolvidas com os estudantes. Dessa maneira, os tópicos tratados a seguir serão subdivididos de forma que em cada item serão expostos, embora que de forma resumida, as principais observações feitas pelo professor/pesquisador seguidas de algumas discussões baseadas nos referenciais teóricos anteriormente elencados.

Nas análises a seguir, visando preservar a identidade dos estudantes serão utilizadas siglas para se referir à fala dos estudantes. Além disso, as imagens e nomes dos estudantes serão distorcidos nas fotos/captura de tela preservando o anonimato dos estudantes que participaram das aulas e das discussões.

4.1 EXPLORANDO RELAÇÕES ENTRE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO NO MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO.

Estas primeiras atividades ocorreram posteriormente à abordagem do movimento uniforme. Dessa maneira, partiu-se do pressuposto que os estudantes já tivessem consolidado os conceitos de referencial, velocidade e posição para os movimentos com aceleração nula. Afim de verificar esses conhecimentos prévios, antes do início das atividades, o professor fez um apanhado geral sobre esses conceitos, ouvindo dos estudantes quais eram seus conhecimentos sobre o estudo dos movimentos uniformes.

Tais observações partem do pressuposto de que só podemos aprender com aquilo que já conhecemos, pois, nossa mente é conservadora e só aprenderemos a partir do que já temos em nossa estrutura cognitiva (AUSBEL, 1963 *apud* MOREIRA, 1999).

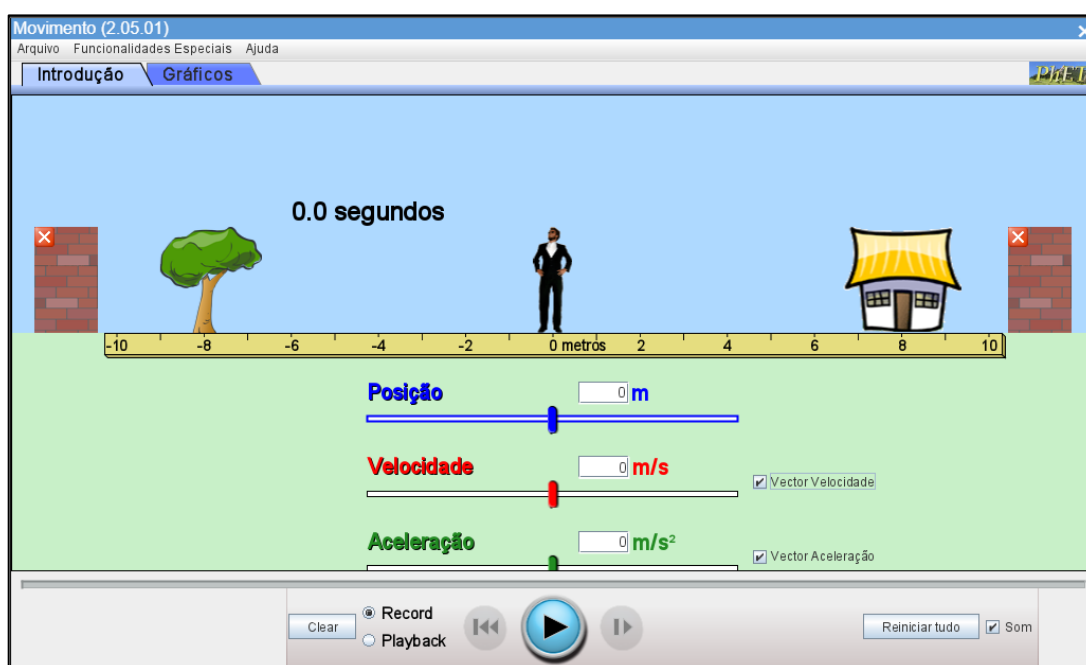
Nesse diálogo inicial foi possível perceber que, de maneira geral, os estudantes tinham em mente algumas ideias relacionadas aos conceitos de velocidade escalar média e espaço advindos dos estudos do Movimento Retilíneo Uniforme – MRU. Como exemplo dessa observação, pode-se destacar a fala de um dos estudantes:

“Professor a velocidade é o espaço dividido pelo tempo, não é?! Tipo, se eu dividir a distância da minha casa até na escola pelo tempo que eu gasto para chegar eu calculo a velocidade” (A23T1E).

Após esse levantamento introdutório de concepções, iniciou-se de fato a atividade da primeira aula, com o principal objetivo de fazer com que os estudantes estabelecessem, de forma investigativa e exploratória, explicações para a variação da velocidade no estudo de Movimentos Retilíneos (MR) onde o módulo do vetor aceleração não é nulo, considerando um único sentido.

Para proporcionar tal experiência, o professor/pesquisador mostrou aos estudantes a simulação MOVIMENTO da plataforma Phet Colorado (Figura 2). Nessa simulação é possível estabelecer valores para a posição inicial, velocidade inicial e aceleração de um homem e fazer a análise do movimento de acordo com os parâmetros configurados.

Figura 2. Tela inicial da simulação MOVIMENTO da plataforma Phet Colorado



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/moving-man (Acesso em: 03 ago. 2021)

Ao apresentar a simulação para os estudantes o professor mostrou como funcionavam as configurações de controle e, pedindo aos estudantes que sugerissem alguns valores para posição, velocidade e aceleração, executou a simulação. A cada configuração foi solicitado aos estudantes que fizessem anotações dos parâmetros estudados e das suas observações sobre o movimento.

Após as primeiras observações, o professor disponibilizou a todos os discentes o link para que eles pudessem acessar a simulação e fazer as configurações e observações da maneira que quisessem, com o objetivo de responder ao seguinte questionamento:



Com base nas observações da simulação MOVIMENTO responda:

- 1) Explique com suas palavras o que é aceleração?
- 2) Qual a relação da aceleração com a velocidade do homem?

Sem dar mais pistas para os estudantes, o professor/pesquisador pediu que eles explorassem a simulação e propusessem explicações com bases apenas nas suas observações e nos conceitos que já haviam sido estudados no MRU. Foi solicitado ainda aos estudantes que não fizessem pesquisas em sites ou no próprio Google, para que fosse possível assim verificar o quanto eles poderiam utilizar-se dessa atividade exploratória para propor suas próprias hipóteses.

Ao realizar essa atividade inicial foi possível perceber que os estudantes se mostraram bastante ansiosos para obter respostas e a medida em que os questionamentos apenas aumentavam, eles se mostravam ainda mais relutantes em investigar buscando sempre obter uma informação pronta. As falas a seguir evidenciam essa observação:

“Mas professor como vamos conseguir responder? O Senhor não tá dando nenhuma dica!” (A15T1A).

“Não dá pra saber se não pesquisar. Pode usar o Google?” (A23T1E).

Essas falas mostram que os estudantes não estão acostumados a trabalhar com a resolução de problemas, sendo, portanto, necessário que haja primeiramente uma mudança de postura do estudante, passando ele de espectador do processo à ator principal. Essa observação também leva à reflexão do papel do professor no desenvolvimento das aulas. A forma tradicional de exposição dos conteúdos aos estudantes acaba por inibir a participação dos mesmos, criando por muitas vezes barreiras para que os estudantes se tornem protagonistas no processo. Os docentes devem repensar sua prática e questionarem-se sobre qual deve ser o papel do professor e do educando, em um modelo de ensino onde visa-se proporcionar autonomia aos estudantes.

É nesse sentido que a proposta de abordagem descrita aqui se baseia, uma vez que a construção dos conceitos por meio da resolução de problemas e da investigação de fenômenos físicos certamente rompe com as abordagens tradicionais e potencialmente, podem se tornar

mais significativas para os estudantes. Como destaca Carvalho (2016 *apud* MOURA; SILVA, 2019),

o Ensino por Investigação prioriza a mudança de postura dos alunos, levando-os a ser o agente principal do processo; reforça a importância do planejamento; define o papel do professor como orientador; promove, aos discentes, o espírito investigativo de forma similar aos cientistas, que, ao estudarem as leis e fenômenos da natureza, através da investigação, buscam elaborar e compreender os mistérios da ciência (MOURA; SILVA, 2019, p. 3).

Vale destacar também que ao fazer a proposição de um problema investigativo como o que se discute aqui, o professor/pesquisador atuou como orientador do processo, mostrando aos estudantes as ferramentas a serem utilizadas por eles para realizarem as discussões e gerar hipóteses baseadas nas observações.

Após essa discussão inicial, partiu-se para a aula seguinte onde os estudantes deveriam socializar suas hipóteses para a resolução das questões com os demais colegas e o professor atuou como mediador do processo. Nesse momento, foi possível perceber que alguns estudantes fizeram algumas observações que iam ao encontro dos conceitos de aceleração e variação da velocidade, como mostram as falas:

“[...] eu entendi que se a gente mexer na aceleração a velocidade vai aumentando [...]” (A01T1B).

“Professor, quando eu coloquei um valor negativo para aceleração o homem começou a andar mais devagar até que uma hora ele voltou. Ai não entendi mais nada (risos)” (A20T1E).

“Pra mim professor a aceleração aumenta a velocidade. É igual o acelerador do carro [...] quando você pisa o carro não anda mais rápido?” (A15T1A).

Analisando essas falas é possível perceber que os estudantes conseguiram estabelecer uma relação entre a aceleração e a mudança do valor da velocidade. A fala do aluno A20T1E, mostra, por exemplo, a possibilidade de se explorar aspectos associados ao lançamento vertical ou queda-livre, associando-se a inversão no sentido do movimento à subida e descida de um objeto. Isso mostra que nas discussões com os discentes podem surgir diversas situações que favorecem o processo de mediação dos conceitos pelo professor e pode potencializar o aprendizado, rompendo, inclusive com a linearidade tradicional dos conceitos.

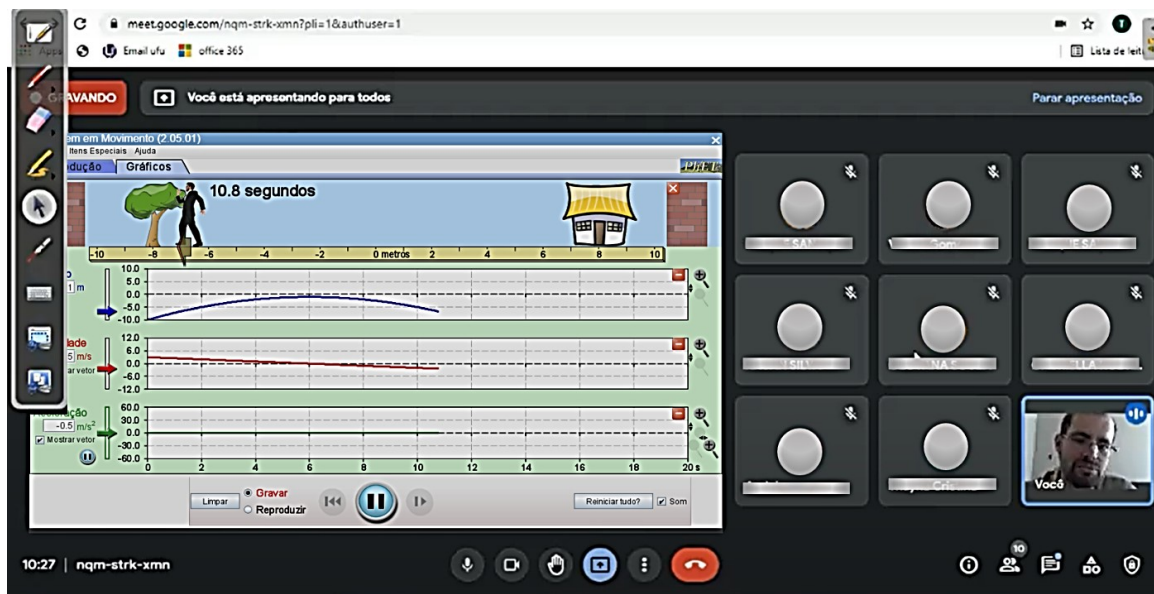
Porém, ainda foram observadas algumas confusões com relação ao referencial e à ideia de acelerar tendo como único resultado o aumento da velocidade. Entretanto, já foi possível notar uma mudança de postura dos estudantes, onde eles tentaram propor explicações para os fenômenos com base na observação e não simplesmente em uma definição pronta dada pelo professor. Esse aspecto mostra autonomia dos estudantes no processo e deixa claro que as vezes uma pergunta pode ser mais esclarecedora que uma resposta. É preciso reconhecer a importância do diálogo no processo de ensino aprendizagem e no desenvolvimento da autonomia dos estudantes. Como afirma Rosa *et al.* (2019), referindo-se às ideias freirianhas, é por meio do diálogo que o educando se vê reconhecido como um ser autêntico. Ele direciona o educando para sua autonomia, para o ser para si.

Após esse debate o professor auxiliou os estudantes na construção da ideia de que a aceleração se trata de uma grandeza física que determina a variação, ou mudança, da velocidade em função do tempo. Nesse momento, o professor fez a sistematização dos conhecimentos construídos definindo a equação que relaciona a aceleração com uma razão entre a variação da velocidade e a variação do tempo. Quando a variação do tempo é infinitesimal chamados de aceleração instantânea e nos outros casos de aceleração média.

Com o objetivo de trabalhar principalmente a ideia de aceleração constante, nessa construção, também foi proposto pelo professor uma interpretação da unidade do Sistema Internacional para aceleração (m/s^2), chamando os discentes para construir a interpretação que a aceleração constante pode ser entendida como o quanto (em m/s) a velocidade varia a cada unidade de tempo (em segundo).

Nessa oportunidade, o professor também mostrou aos estudantes a interpretação gráfica dos experimentos envolvendo análise de velocidade, aceleração e posição por meio da simulação. Para isso, na aba “gráficos” da simulação foi demonstrado aos estudantes como as observações físicas poderiam ser modeladas graficamente e assim, também seria possível interpretar o movimento. A Figura 3 mostra o momento dessas discussões com os estudantes.

Figura 3 - Demonstração dos gráficos de velocidade e posição envolvidos no MRUV através de simulação



Fonte: autoria própria

Nesse momento, definiu-se também as equações horárias da velocidade e da posição para o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado e a equação de Torricelli, tendo como base as variações gráficas observadas na simulação e as discussões anteriormente realizadas com os estudantes.

Equação Horária da Velocidade: $V = V_0 \pm a \cdot t$ (1)

Equação Horária da Posição: $D = V_0 \cdot t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$ (2)

Equação de Torriceli: $V^2 = V_0^2 \pm 2 \cdot a \cdot D$ (3)

É importante destacar que a todo momento o professor/pesquisador enfatizou que tais equações foram propostas com base em observações da mesma natureza daquelas feitas pelos estudantes ao investigar a simulação e que a modelagem matemática de problemas físicos é muito importante para extrapolação de conceitos e aplicações práticas da teoria.

Para aplicação dos conceitos o professor enviou aos estudantes um formulário para que resolvessem uma situação problema baseada nas interpretações feitas na aula por meio de duas questões:

FORMULÁRIO 1: Atividades propostas sobre os conceitos iniciais de aceleração
Considere a situação abaixo e responda às questões propostas



PERGUNTA 1: Se a velocidade do Coyote fosse de 30 m/s e ele tivesse a 60m do penhasco qual deveria ser o valor da aceleração para que ele não tivesse caído? Faça um desenho mostrando para onde estariam apontando a velocidade e a aceleração nessa situação.

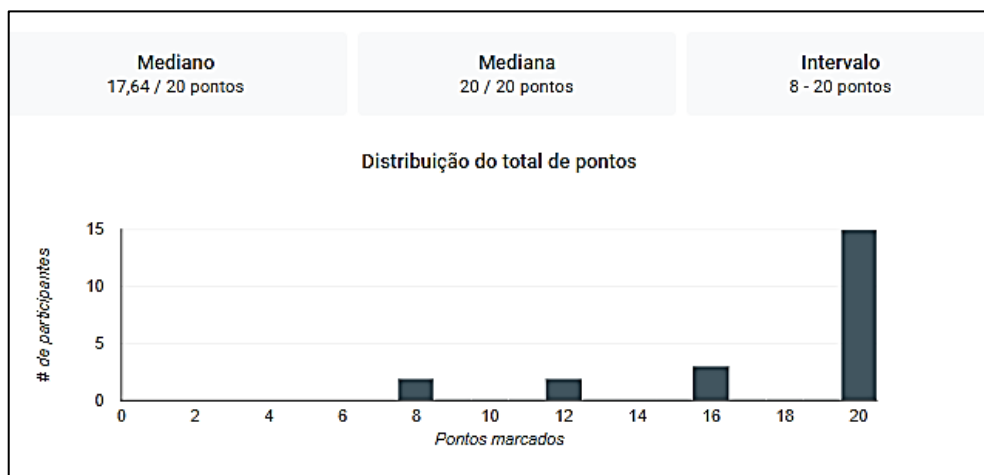
PERGUNTA 2: Agora pense na situação em que o Coyote já passou da beirada do penhasco. Ao cair, sua velocidade vai mudar? Para onde ela irá apontar? À medida que ele cai, a velocidade aumenta, diminui ou permanece constante? Se você afirmar que a velocidade muda, o que deve provocar essa mudança?

As respostas a essas questões foram feitas pelos estudantes de forma escrita onde eles utilizaram-se das definições teóricas e das equações para responder às perguntas. Além disso, foi solicitado que os estudantes escrevessem suas impressões sobre a forma como foi conduzida a aula pelo professor/pesquisador pelo processo de construção do conceito de aceleração por meio da investigação.

Na análise do rendimento dos estudantes sobre o questionário aplicado foi possível perceber que de modo geral a maioria dos estudantes conseguiu aplicar os conceitos abordados na resolução de problema e também se obteve um *feedback* positivo dos estudantes quanto a

forma com que os conceitos foram abordados. O gráfico abaixo gerado pelo Google Formulários aplicado em uma das turmas indica que a maioria dos estudantes conseguiu bom desempenho³ na resolução dos exercícios propostos após essa primeira abordagem.

Figura 4 - Estatística gerada pelo Google Formulários após a respostas dos estudantes de uma das turmas para a situação problema proposta após a primeira atividade



Fonte: autoria própria

Através do gráfico é possível perceber que a média de acerto das questões foi superior a 85% (17 em 20 pontos) e isso sugere que os estudantes conseguiram construir de forma significativa o conceito básico de aceleração, aplicando as definições para a resolução de problemas específicos. Além das observações quantitativas de rendimento, a devolutiva positiva da maioria dos estudantes pode ser evidenciada pelas falas:

“Achei interessante ter que descobrir o que significava a aceleração. Tive um pouco de dificuldade mas foi legal mexer com o joguinho” (A14T1B).

“No começo fiquei meio perdida na explicação mas depois consegui entender” (A21T1A).

Pelas falas é possível identificar que os estudantes acharam interessante ter que investigar para obter as respostas. Isso pode ser o ponto de partida para uma mudança de postura nas aulas de Física. Esse era um dos objetivos principais dessa abordagem e nessa perspectiva, seguiu-se para as atividades subsequentes.

³ Consideramos como parâmetro de medida do desempenho dos estudantes a média de acerto das questões propostas de acordo com a seguinte escala arbitrária: **abaixo de 50%** (insuficiente); **entre 50% e 70%** (satisfatório); **acima de 70%** (bom).

4.2 QUANTOS ACELERADORES? CARACTERÍSTICAS VETORIAIS DA VELOCIDADE E DA ACELERAÇÃO

Após trabalhar o conceito básico de aceleração e verificar que os estudantes conseguiram compreender que há aceleração quando há variações na velocidade iniciou-se a segunda atividade pedindo para que os estudantes refletissem sobre o seguinte questionamento:



Como vimos nas aulas anteriores a aceleração está ligada à variação da velocidade de um objeto. Se pensarmos que a velocidade é definida tanto pelo seu valor quanto pela sua direção responda:

Quantos “aceleradores” possui um automóvel?

Com a proposição desse problema aos estudantes buscou-se verificar se eles conseguiriam observar que é possível modificar não só o módulo (valor numérico) do vetor velocidade por meio da aceleração, mas também é possível modificar sua direção e sentido, diferenciando assim, a aceleração tangencial da aceleração centrípeta observada no movimento circular. Vale destacar que mesmo não sendo o objetivo dessa abordagem trabalhar o movimento circular julgou-se importante aproveitar as discussões para definir alguns fundamentos de análise vetorial da velocidade e da aceleração.

Além disso, esse questionamento teve como objetivo principal ampliar o conceito de aceleração dos estudantes, extrapolando o conhecimento já adquirido para a construção de novos conhecimentos. Tal abordagem pode ser fundamental para o entendimento significativo pelos estudantes, uma vez que a interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios é a característica chave da aprendizagem significativa, ou seja, aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de aplicação, de transferência (MOREIRA, 2017).

Após o questionamento inicial o professor pediu para que os estudantes expusessem suas respostas e mediou as discussões em torno do que os estudantes comentavam através de outros questionamentos. As primeiras respostas dos estudantes podem, em linhas gerais, serem exemplificadas pelas seguintes falas:

“Ué professor, no carro tem só um acelerador os outros pedais são o freio e a embreagem” (A11T1A).

“Eu acho que só tem um, quando pisa aumenta a velocidade do carro.” (A23T1E).

Essas falas evidenciam que mesmo após uma discussão de que a aceleração também pode alterar a velocidade de forma a diminuir seu valor (módulo) os estudantes ainda tem muito forte a definição cotidiana do termo “acelerar”, relacionando a aceleração sempre com o aumento da velocidade. Tal observação demonstra que ao propor a construção de conceitos por meio da resolução de problemas, dando protagonismo aos estudantes, é muito importante que o professor esteja atento em como essa construção está sendo feita, buscando sempre questionar os estudantes e propor novas situações para que os conceitos que são ancorados possam se tornar subsunçores para a ressignificação e ampliação das ideias.

Além disso, por meio do que os discentes expuseram, ficou claro que ainda seriam necessárias maiores discussões para que o conceito de aceleração se ampliasse e que de fato, os estudantes pudessem aplica-lo em todas as suas conjecturas. A concepção vetorial de grandezas Físicas de modo geral, mostrou-se como grandes obstáculos a serem superados.

Como destaca Cordeiro (2003)

na linguagem científica, o conceito de aceleração engloba situações que o cotidiano nem sempre contempla. Para a Física, aceleração está vinculada às variações na velocidade durante um certo intervalo de tempo. Essas variações podem ser tanto de uma velocidade menor para uma maior quanto de uma maior para outra menor. No segundo caso, quando a velocidade diminui, pode-se usar também o termo retardamento como um sinônimo de aceleração. Porém, no cotidiano, aceleração e retardamento são considerados antônimos. Essas diferentes concepções podem dificultar a apreensão desse conceito, bem como a vinculação da aceleração com a grandeza tempo, fator fundamental na definição científica CORDEIRO, 2003, p. 10).

A partir dessa primeira observação e das respostas iniciais dos estudantes o professor começou a mediar e fazer algumas ponderações conduzindo o pensamento progressivamente para que os estudantes tivessem a percepção que alterar a velocidade não necessariamente é apenas aumentar seu valor (módulo) mas, a rigor da palavra, alterar pode ser modificar qualquer uma das características da velocidade (valor ou direção).

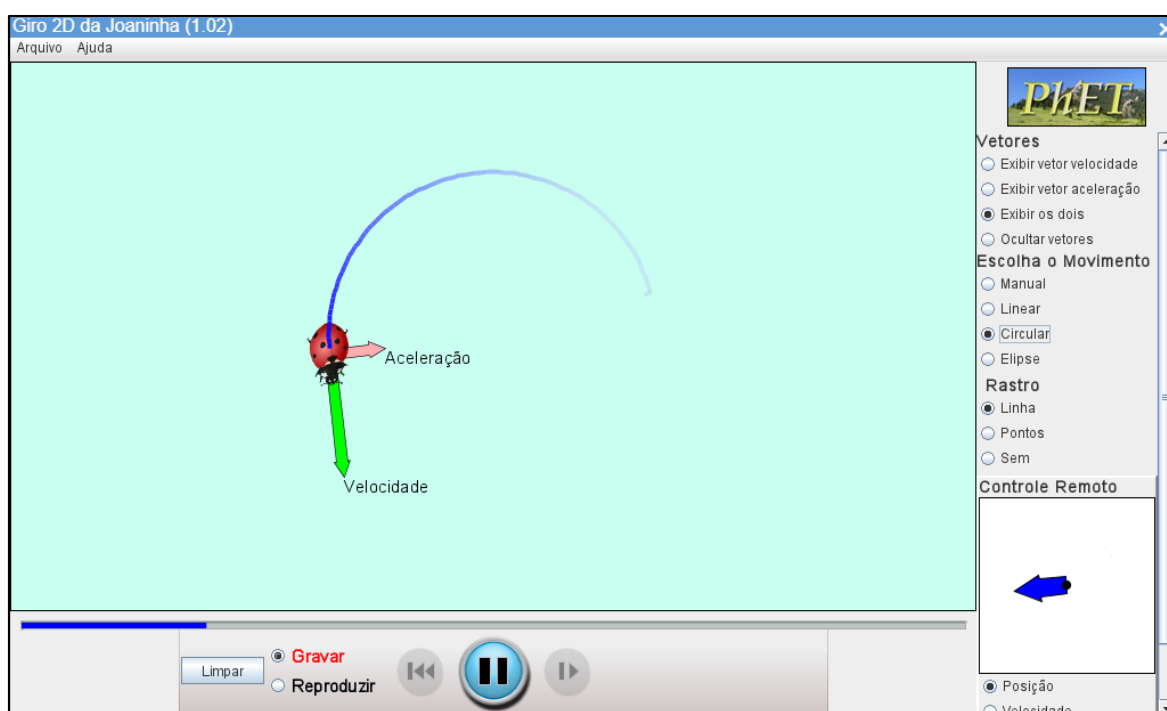
Para demonstrar essas observações, o professor/pesquisador propôs aos estudantes observar novamente os dados da simulação MOVIMENTO quando se configurava um valor negativo para o módulo da aceleração, enfatizando que dessa maneira, a velocidade do homem diminuía progressivamente até que ele parasse, chegando até a se movimentar no sentido oposto.

Nesse aspecto, o uso da simulação foi extremamente importante, uma vez que nela é possível mostrar uma representação dos vetores aceleração e velocidade, dando aos estudantes a possibilidade de materializar uma observação abstrata. É nesse sentido que se verifica o ponto forte do uso das TDIC no ensino. Em comparação com um experimento tradicional, por

exemplo, esse tipo de visualização pelo estudante exigiria certo grau de abstração, podendo se constituir como um dificultador da construção dos conceitos abordados.

Além disso, para permitir aos estudantes a construção da ideia de que a direção e o sentido da velocidade também poderiam ser modificados com a presença da aceleração gerada por uma força, o professor/pesquisador utilizou-se de outra simulação chamada o GIRO 2D DA JOANINHA. Nela é possível visualizar as componentes vetoriais da aceleração e da velocidade quando um corpo descreve uma trajetória curva (Figura 5).

Figura 5 - Tela inicial da simulação GIRO 2D DA JOANINHA da plataforma Phet Colorado



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/ladybug-motion-2d (Acesso em: 16 ago. 2021)

Com o uso dessa simulação foi possível discutir com os estudantes que a aceleração além de aumentar ou diminuir o valor da velocidade também pode mudar sua trajetória dependendo do ângulo formado entre os dois vetores. Após essa explanação, o professor retomou o questionamento inicial pedindo para que os estudantes revissem suas respostas e pensassem novamente em quais eram as formas que o motorista de um automóvel tem para modificar a velocidade.

Nessa segunda abordagem, os estudantes começaram a construir a ideia de que, cientificamente, a modificação da velocidade não se restringiria somente a aumentá-la e alguns deles inferiram:

“Se diminuir a velocidade também é modificar eu posso pensar que o freio é um acelerador?! É isso professor? Que estranho! (risos)” (A21T1A).

“Então professor se o volante muda a direção do carro ele é igual ao que acontece com a joaninha?” (A13T1E).

Analisando essas frases percebe-se que progressivamente os estudantes foram ampliando o conceito de aceleração. Fazendo-se referência ao processo de aprendizagem significativa pode-se inferir que estas observações evidenciam o processo de ancoragem de novos conhecimentos às ideias já existentes dando maior significação aos conceitos estudados.

nesse processo de ancorar os novos conhecimentos às ideias já existentes, o aprendiz ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento (MOREIRA, 1999).

Para além dessas observações, é importante destacar que o professor/pesquisador observou uma maior pré-disposição dos estudantes em participarem das discussões e colocarem suas ideias. Essas características mostram o desenvolvimento da autonomia e da criticidade. Talvez ao perceberem que não teriam respostas prontas, não existindo assim um padrão de certo ou errado os estudantes se sentiram encorajados a expor suas ideias e participar ativamente da construção dos conceitos.

O desenvolvimento dessa autonomia é extremamente importante pois traz ao processo de aprender um caráter atitudinal que transcende especificamente o aprendizado dos conceitos. Com isso, rompe-se com a ideia de educação bancária (FREIRE, 1988), uma vez que o conhecimento não é imposto pelo professor ao estudante, ao contrário, ele é construído a partir do estudante e de suas concepções, proporcionando uma reflexão baseada na realidade dos estudantes e em suas concepções anteriores.

4.3 ACELERAÇÃO GRAVITACIONAL E QUEDA LIVRE

Partindo das discussões realizadas nas atividades anteriores iniciou-se a última etapa das observações analisadas nesse trabalho onde pretendeu-se extrapolar o conceito de aceleração construído progressivamente e aplicá-lo no estudo da queda livre de corpos. Assim, trabalhou-se com os estudantes na perspectiva de verificar a existência da aceleração gravitacional que atua nos movimentos verticais de corpos próximos à superfície da terra.

É importante destacar que as análises e inferências feitas nesse tópico trataram apenas da ideia básica de aceleração gravitacional e suas implicações no movimento de queda livre. Assim sendo, após finalizada as discussões em torno das características vetoriais da aceleração e da velocidade, foi proposto que os estudantes explorassem a simulação QUEDA LIVRE disponível no *website* Jogos da Escola⁴. A imagem da Figura 6 mostra a tela inicial da simulação onde é possível reproduzir de forma simples o experimento de Galileu Galilei na torre de Pisa.

Figura 6 - Tela inicial da simulação QUEDA LIVRE da plataforma Jogos da Escola



Fonte: <https://www.jogosdaescola.com.br/simulador-de-queda-livre/> (Acesso em: 20 ago. 2021)

Durante a exploração da simulação o professor orientou os estudantes a modificarem as condições em que os corpos seriam abandonados (simulação com ar ou simulação com vácuo) e também que alterassem a massa dos corpos visualizando os resultados obtidos.

Nas discussões iniciais o professor/pesquisador fez algumas argumentações com os estudantes instigando-os a pensar os motivos para que um corpo abandonado de uma certa altura entrasse em queda livre. Nesse momento inicial, praticamente todos os estudantes justificaram que a queda dos corpos se deve à gravidade.

⁴ No *website* citado existem diversas simulações que auxiliam no entendimento de conceitos de matemática, ciências, escrita, entre outras. O conteúdo do site é gratuito e pode ser acessado pelo seguinte endereço eletrônico: <https://www.jogosdaescola.com.br/> (Acesso em: 20 de ago. 2021).

“É a gravidade que faz as coisas caírem professor!” (A04T1A).

Apesar de justificarem a queda dos corpos citando a gravidade, quando foram questionados sobre o que seria essa gravidade e como ela atuaria na queda livre os estudantes não conseguiram construir uma explicação correta do ponto de vista físico. Isso mostrou que a palavra gravidade apesar de conhecida pelos estudantes não tinha sentido físico ou alguma definição conceitual significativa.

De posse dessa observação o professor seguiu com as discussões fazendo algumas perguntas para os estudantes e permitindo o diálogo entre eles e deles com o professor:



Se vimos que a aceleração é percebida quando ocorre variação da velocidade vamos pensar um pouco:

- 1) Qual a velocidade dos objetos quando estão na mão do Galileu?**
- 2) O que acontece com essa velocidade quando ele solta?**
- 3) À medida que o corpo vai caindo, a velocidade aumenta ou diminui?**
- 4) Quando eu jogo algum objeto para cima o que acontece com a velocidade depois que ele sai da minha mão?**

A partir desses questionamentos, abriu-se a fala para os estudantes e foi possível perceber que os discentes começaram a refletir melhor sobre a gravidade e construir a ideia de que trata-se de uma forma de aceleração.

“Uai Thiago, quando a bola está na mão do Galileu ela está parada uai. Então, ela não tem velocidade.” (A11T1E).

“Se ela estava parada e depois que ele solta ela começa a cair é porque tem aceleração, senão ela ficava parada.” (A21T1B).

“Pra mim, pelo que você falou professor, a gravidade então é um tipo de aceleração que faz a bola cair.” (A15T1A).

As duas primeiras falas (A11T1E e A21T1B) mostram que os estudantes já conseguem fazer relações entre mudanças da velocidade e a existência de aceleração. Já a terceira fala (A15T1A) permitiu ao professor sugerir uma construção inicial do conceito de força. Essas falas demonstram que as discussões foram capazes de suscitar nos estudantes a capacidade de propor

explicações para os fenômenos e construir hipóteses frente aos problemas e indagações do professor/pesquisados.

As discussões e afirmações dos estudantes, mediada pelo professor/pesquisador, demonstram que existe uma ressignificação progressiva do conceito de gravidade de forma que os próprios estudantes buscam dar explicações para os questionamentos. Outro fator interessante a se observar é que essas explicações tendem a ser baseadas nas discussões anteriores e partem dos próprios estudantes. Ao professor cabe o papel de instigar essa construção e, quando necessário, dar algum tipo de subsídio para as discussões.

Ao propor o Ensino de Física por Investigação, percebemos que um dos principais paradigmas da proposta é a mudança de postura do professor e do aluno, pois todas as atividades planejadas têm como objetivo a participação efetiva do aluno, como agente principal do processo, e cabe ao professor o papel de orientador das atividades propondo situações-problema e questionando os alunos a cada debate (AZEVEDO, 2009 *apud* MOURA; SILVA, 2019, p. 3)

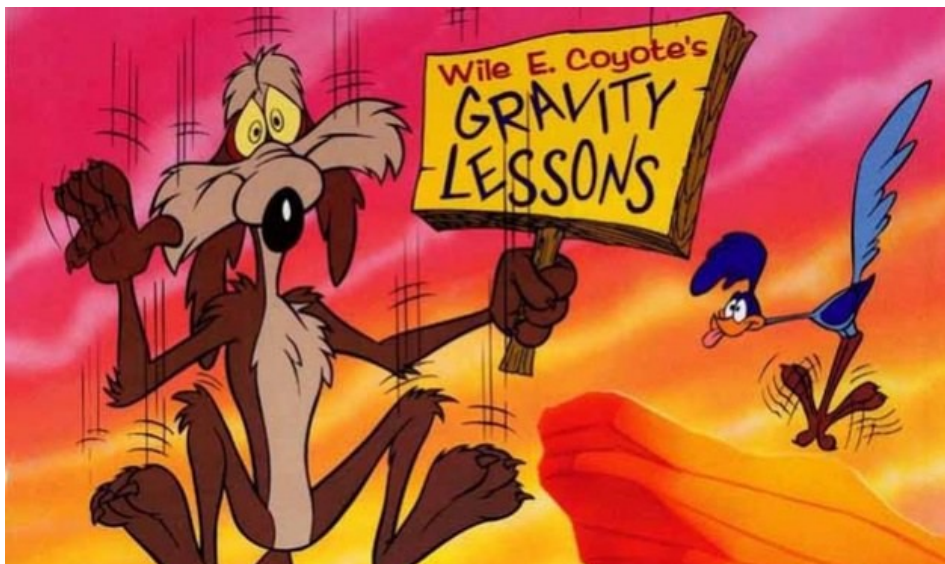
Após perceber que os estudantes conseguiram observar que a tal gravidade citada por eles se trata da aceleração gravitacional o professor partiu para a sistematização do conhecimento apresentando para os estudantes como são estudados matematicamente os movimentos de queda livre.

Para isso, ao invés de definir novas equações foram trabalhadas as mesmas equações do MRUV definidas nas atividades iniciais apenas explicando aos estudantes que no caso dos movimentos em queda livre o deslocamento corresponde à altura do objeto e também que a direção em que ocorre o movimento é diferente. Além disso, foi construído pelo professor/pesquisador junto aos estudantes a ideia de que a aceleração gravitacional para qualquer corpo nas proximidades da terra é sempre a mesma e esse valor foi definido em aproximadamente 10 m/s^2 .

Uma vez que a construção do conceito e ressignificação do termo gravidade por parte dos discentes, era o objetivo principal dessa atividade o professor/pesquisador solicitou que os estudantes fizessem um relatório descritivo dos principais assuntos abordados na aula para avaliar como cada um dos estudantes compreendeu as discussões. Além disso, foi proposto como aplicação dos conceitos, que os estudantes respondessem a um questionário com alguns exercícios (Formulário 2) envolvendo queda livre, visando verificar se além da construção teórica dos conceitos os discentes conseguiram compreender as definições matemáticas desse estudo.

FORMULÁRIO 2: Atividades propostas sobre queda livre e aceleração gravitacional.

Usando os conceitos estudados. Observe o desenho abaixo e responda:



PERGUNTA 1: Escreva o(s) motivo(s) físicos pelos quais o Coyote com certeza irá cair? Qual a velocidade dele no instante exato anterior a sua queda?

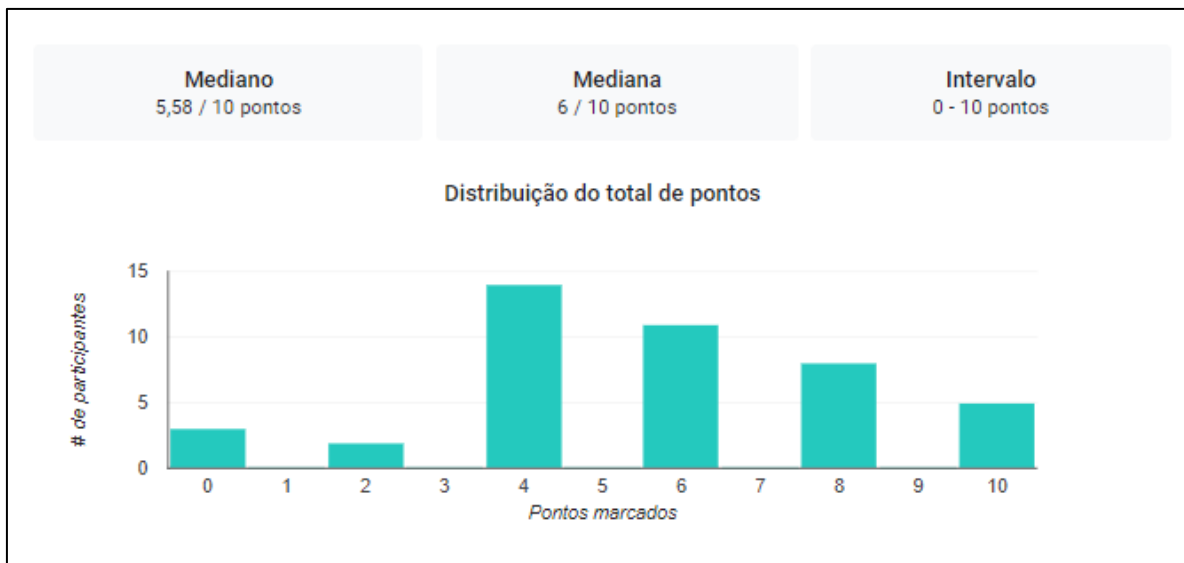
PERGUNTA 2: Se o Coyote irá cair de um penhasco com 60m de altura, calcule qual será a velocidade que ele atingirá o solo?

PERGUNTA 3: Considerando que o Coyote tem uma massa igual a 20kg e o Papalégua tem apenas 5kg de massa, se os dois caíssem juntos, eles chegariam no solo ao mesmo tempo ou em tempos diferentes? Justifique sua resposta calculando o tempo de queda de cada um deles. Desconsidere a resistência do ar!

É oportuno, aqui, destacar, e não desmerecer ou relevar a um segundo plano, o papel do exercício nas tarefas escolares. É através dele que o estudante desenvolve e consolida habilidades (PEDUZZI, 1997).

Como resultado, podemos exemplificar as estatísticas de respostas de uma das turmas por meio do gráfico abaixo, gerado pelo Google Formulários.

Figura 7 - Estatística gerada pelo Google Formulários após a respostas dos estudantes para os exercícios sobre queda livre



Fonte: autoria própria

Ao verificar os resultados das respostas dos estudantes, percebe-se que a maioria dos estudantes conseguiu acertar às questões propostas. Entretanto, a média de acertos foi inferior àquela observada na atividade de construção do conceito de aceleração. Isso demonstra que apesar de observar-se que os estudantes construíram a ideia de gravidade como uma forma de aceleração, ainda seriam necessárias discussões mais aprofundadas para relacionar esse conceito com a resolução de problemas específicos.

Essas discussões e esses aprofundamentos foram feitos em outras atividades, entretanto, não foram analisados dados posteriores nesse trabalho, uma vez que a análise principal se baseou em observar se a construção conceitual foi feita de forma significativa. Além do mais, indo ao encontro das discussões trazidas aqui, o relato de como foram conduzidas as aulas dão uma dimensão de que as falas dos estudantes e suas construções conceituais são foco principal de nossas análises.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em todas as discussões realizadas nesse trabalho, nos apontamentos teóricos e nas perspectivas descritas como objetivos principais para essa pesquisa, podemos concluir que nossas práticas docentes necessitam ser repensadas continuamente para que seja possível fugir dos entraves impostos à aprendizagem significativa dos conceitos. Esses entraves se constituem desde a formação inicial do professor, passando pela forma com que os conteúdos são tradicionalmente trabalhados em sala de aula e a resistência natural à mudança de paradigmas, seja ela em quaisquer aspectos. É evidente que nos tempos atuais não é mais concebível que a educação em ciências, especificamente o Ensino de Física, seja feito da mesma maneira que séculos atrás. A pandemia da COVID-19 trouxe, ainda que de maneira forçada e abrupta, a necessidade de se repensar o ensino em todas as suas instâncias e também a necessidade de fazer com que as TDIC sejam cada vez mais presentes na sala de aula.

Tendo em vista os objetivos iniciais de verificar se o uso das TDIC poderia contribuir para uma aprendizagem significativa de alguns conceitos de cinemática, nesse arrazoado pode-se inferir que inegavelmente o uso dessas ferramentas foi fator preponderante na construção dos conceitos ampliando as possibilidades de trabalhar a Física de forma significativa. Entretanto, vale destacar que a aprendizagem significativa apesar de ser influenciada pela forma e pelos meios com que se trabalha os conteúdos, não se restringe apenas a utilização de uma ou outra ferramenta. Mais importante que a ferramenta é a maneira com que o conhecimento novo é entendido pelo estudante e ressignifica aquele conhecimento subsunçor. Dessa maneira, há de se ter consciência da importância do diálogo para que se entenda como os estudantes podem fazer essa construção e ancorar os novos conceitos.

A realização deste trabalho de conclusão de curso e todos os processos de pesquisa e reflexão inerentes dele, mostrou que para mudar é necessário pensar e agir sobre a realidade. Apesar da considerável experiência do professor/pesquisador no Ensino de Física, os desafios de fazer um Ensino de Física diferente, focado principalmente nos estudantes e dando a eles a oportunidade de protagonizar os processos de construção do conhecimento foram um desafio. Porém, esses desafios mostraram que é possível ensinar Física de uma maneira mais significativa e que o uso das TDIC pode contribuir para esse processo, fazendo com que o processo de ensino-aprendizado seja enriquecido e prazeroso para professores e estudantes.

De modo geral, pode-se concluir que as simulações computacionais e outras ferramentas digitais são meios, entre outros tantos, para que o Ensino de Física cumpra seu papel de promover o aprendizado crítico dos estudantes, a autonomia e o pensamento científico. Como

diria Paulo Freire, assim, o ensino deixa de ser apenas uma forma de depositar conteúdos nos estudantes e passa a ser ferramenta de libertação e formação do senso crítico e reflexivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart, and Winston Inc., 1968.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Cad. Brás. Ens. Fis.**, v. 19, n. 3, dez. 2002, p.291-313
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. **Metodologia de pesquisa em Ensino de Física: uma proposta para estudar os processos de ensino e aprendizagem**. In: Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Belo Horizonte: SBF, 2004.
- CORDEIRO, L. F. **É significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio?** 210 p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.
- COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. I8, n. 3; p. 263-277, 2001
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002. 364 p.
- ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar**, Curitiba: Editora da UFPR, n. 16, 2000. p. 181-191.
- FERREIRA, A. J. S.; COSTA, R. A.; ROCHA, A. S.; FEITOSA, R. S.; ROCHA, E. C. M.; AMADOR, D. H. T.; ROCHA, J. A. P. A utilização do aplicativo “Física interativa” no Ensino de Física. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, 2021.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 18. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988.
- _____. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GONÇALVES, K. M. **Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no Ensino de ciências: análise de repositórios disponíveis**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Porto Alegre, 2018.
- LIELL, C. C.; BAYER, A.; LEDUR, J. R. Aprendizagem significativa de conceitos básicos de cinemática no ensino fundamental. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, 10(1), p. 57-77, 2020.
- MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo. Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

_____. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

_____. Grandes desafios para o ensino da Física na Educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, Brasília, vol. 1, n. 1, 2017

MORTALE, L. A.; CORALLO, M. V.; GOMES, E. F. Uma Reflexão sobre o uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no Ensino de Física (TDIC). **Revista Interdisciplinar de Tecnologia e Educação**, IFSP - Boituva, v. 3, n. 1, 2017

MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A.; MOCROSKI, L. F. Mapeamento das dissertações que versam sobre o uso de tecnologias educacionais no Ensino de Física. **Rev. ACTIO**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 65-85, mai./ago. 2018.

MOURA, F. A.; SILVA, R. O Ensino de Física por Investigação: A socioconstrução do conhecimento para medir a aceleração gravitacional. **Research, Society and Development**, vol.8, n. 3, 2019

NAPOLITANO, H.; LARIUCCI, C. Alternativa para o ensino da cinemática. **Inter-Ação; Rev. Fac. Educ. UFG**, 26 (2): 119-129, jul./dez. 2001.

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. A. Atividades prático-experimentais no Ensino de Física, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 265-277, abr. 2017. Curitiba, 2015, p. 2042-2057, 2015

PEROZA, J. Ciência e educação em Paulo Freire: pressupostos epistemológicos para o Ensino de ciências. **Ideação. Revista do Centro de Educação, Letras e Saúde**. v. 23, nº2, 2021

PESSOA, G. P.; BOTINHA, R. M.; COSTA, F. J. O ensino na era da informação: um olhar a partir da neurociência. **Br. J. Ed., Tech. Soc.**, v.11, n.4, Oct.-Dec., p.672-679, 2018

PINHEIRO, A. F.; JUNIOR, E. S. F. P.; ARAUJO, M. D. **Software de simulação: um recurso facilitador no processo de ensino aprendizagem de química no ensino médio**. In: Anais do XII Congresso Nacional de Educação (EDUCERE), 2015.

ROSA, A. W.; GIACOMELLI, A. C.; ROSA, C. T. W. Uma reflexão sobre a concepção freiriana Presente nos trabalhos apresentados no Simpósio Nacional de Ensino de Física. **Signos**, Lajeado, ano 40, n. 2, p. 191-207, 2019.

SILVA, A. L. S.; FERREIRA, M.; PEREIRA, S. M.; SILVA FILHO, O. L. DA. Atividade experimental problematizada (AEP): revisão bibliográfica em descritores na área de Ensino de ciências. **Pesquisa E Debate Em Educação**, 9(1), p. 459–471, 2019.

SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. L. Revisão sistemática de literatura acerca da experimentação virtual no Ensino de Física. **Ensino & Pesquisa**, v.17, n. 1, p. 49-77, 2019.

SOUZA, G. M. R. **Uso de simulações computacionais no Ensino de conceitos de força e movimento no 9º ano do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2015

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

VALADARES, J. A teoria da Aprendizagem Significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v.1 n.1, p. 36-57, 2011