

COMPREENSÃO DA GRAVIDADE ATRAVÉS DO TRATAMENTO ASTRONÔMICO DAS IMAGENS DAS LUAS GALILEANAS EM SALA DE AULA

Understanding gravity through the astronomical treatment of galilean moon images in the classroom

Joaquim Borges de Sousa Filho [jborgesfil@yahoo.com.br]

Vanessa Carvalho de Andrade [vcandrade@unb.br]

Instituto de Física, Polo 1 MNPEF, Universidade de Brasília

Campus Universitário Darcy Ribeiro, ICC Centro, BT 297, Brasília – DF

Recebido em: 08/09/2023

Aceito em: 02/12/2023

Resumo

Embora os temas da Astronomia e Astrofísica tenham a capacidade de conquistar o interesse dos estudantes para a Física e Ciência em geral, observa-se o pouco espaço reservado nos livros didáticos a esses temas e, conseqüentemente, a baixa profundidade em sua abordagem. Há uma demanda, portanto, de produção de materiais de apoio de qualidade, voltados para o Ensino Médio, que atendam assuntos, dentre os quais, as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal de Newton, de forma mais específica e detalhada. A presente pesquisa tem por objetivo a idealização de um produto educacional com o potencial de contribuir aos estudantes no Ensino de Astronomia, em conformidade com os PCN's e a BNCC. A partir do sociointeracionismo de Vygotsky (2007) e propositura teórica de Carvalho (2013), concernente a Sequência de Ensino Investigativo, o desenvolvimento de aulas baseiam-se em trazer o estudante para o *locus* de agente protagonista e investigador. O Produto Educacional traz um conjunto de questões para que o mediador tenha conhecimento do histórico prévio do aluno e em seguida é apresentado aos discentes um problema não experimental, com base nas pesquisas realizadas por Galileu em 1610, na observação das Luas de Júpiter. Os estudantes realizam ainda uma investigação sobre o contexto histórico da Astronomia e as contribuições de outros observadores da época. Parte-se para a apresentação da geometria da cônicas, com diferenciação entre as categorias de curvaturas através da excentricidade e, por fim, recorre-se à utilização de simulações envolvendo as cônicas, as Leis de Kepler e Gravitação Universal. A pesquisa realiza um comparativo entre as respostas de um questionário apresentado no momento inicial e final do processo investigativo e uma síntese geral do processo de aprendizagem é realizada.

Palavras-Chave: Sociointeracionismo; Ensino Investigativo; Astronomia; Luas de Galileu, Leis e Kepler, Gravitação Universal, Simuladores.

Abstract

Although the themes of Astronomy and Astrophysics have the capacity to gain students' interest in Physics and Science in general, there is little space reserved in textbooks for these themes and, consequently, the low depth in their approach. There is a demand, therefore, for the production of quality support materials, aimed at High School, that cover subjects, including Kepler's Laws and Newton's Law of Universal Gravitation, in a more specific and detailed way. The objective of this research is to create an educational product with the potential to contribute to students in Astronomy Teaching, in accordance with the PCN's and the BNCC. Based on Vygotsky's sociointeractionism (XX) and Carvalho's (2013) theoretical proposition, concerning the Investigative Teaching Sequence, the development of classes is based on bringing the student to the *locus* of protagonist and investigator agent. The Educational Product brings a set of questions so that the mediator is aware of the student's

previous history and then the students are presented with a non-experimental problem, based on research carried out by Galileo in 1610, observing the Moons of Jupiter. Students also carry out an investigation into the historical context of Astronomy and the contributions of other observers of the time. We start with the presentation of the geometry of conics, with differentiation between the categories of curvatures through eccentricity and, finally, we resort to the use of simulations involving conics, Kepler's Laws and Universal Gravitation. The research makes a comparison between the answers to a questionnaire presented at the beginning and end of the investigative process and a general synthesis of the learning process is carried out.

Keywords: Sociointeractionism; Investigative Teaching; Astronomy; Galileo's Moons, Laws and Kepler, Universal Gravitation, Simulators.

1. Introdução

A relação intrínseca entre a vida humana e os fenômenos astronômicos remonta a tempos ancestrais. O progresso da humanidade ao longo dos anos está interligado às observações meticulosas dos corpos celestes. Antigas civilizações, como a Mesopotâmia, inicialmente associavam a Astronomia a contextos religiosos, porém, essa disciplina gradualmente se tornou essencial para as necessidades práticas da vida cotidiana. Apesar de algumas culturas atribuírem um caráter místico à Astronomia, envolvendo cultos e até o medo do desconhecido, ela evoluiu para ser uma ferramenta crucial na compreensão e previsão de fenômenos celestiais que impactam diretamente a existência terrena.

A pertinência do ensino de Astronomia na educação básica se manifesta de maneira intrínseca. Além de estar ligada à própria história humana, a Astronomia é essencial para compreender fenômenos cotidianos. Ela desperta curiosidade e interesse nos estudantes, pois explora aspectos como as estações do ano, os movimentos dos planetas, a trajetória dos corpos celestes e a influência da gravidade. A Astronomia transcende barreiras culturais e intelectuais, oferecendo uma oportunidade para expandir a consciência do mundo e nutrir o desejo de investigação e aprendizado contínuo. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) fornecem orientações essenciais para superar as dificuldades enfrentadas no ensino de Astronomia. Esses documentos destacam os pontos essenciais que devem ser abordados, permitindo aos educadores construir abordagens mais eficazes e atraentes. A Astronomia, ao ser incorporada ao currículo escolar de forma adequada, não apenas aprofunda o entendimento científico, mas também inspira os estudantes a explorarem a vastidão do universo e a descobrir as maravilhas que o cercam. Ainda assim, é crucial notar que a interdisciplinaridade da Astronomia oferece oportunidades para ampliar as conexões entre diferentes campos do conhecimento, incluindo Matemática, Física, História e até mesmo Filosofia. Portanto; seu ensino não apenas satisfaz a curiosidade natural dos alunos, mas também enriquece a compreensão multifacetada do mundo e da ciência.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Vygotsky e as suas Teorias para o Ensino

De acordo com várias abordagens psicológicas antigas e modernas, existe uma separação entre duas formas de olhar para a psicologia: uma que a trata como uma ciência natural e outra que a relaciona com a experiência pessoal. Isso cria uma perspectiva sem uma teoria básica unificada. Na visão de Vygotsky, essa separação na psicologia tornou difícil para diferentes psicólogos entenderem como o pensamento e a linguagem estão ligados. Em vez de considerar esses aspectos como partes conectadas, eles foram estudados separadamente, o que significa que as conexões entre eles foram

ignoradas. Conseqüentemente, esses aspectos foram tratados como coisas diferentes e não interligadas. Como resultado, não se conseguiu entender completamente como as funções psicológicas mais avançadas e as mais básicas se relacionam.

O estudo do pensamento e da linguagem é uma das áreas da psicologia em que é particularmente importante se ter uma clara compreensão das relações interfuncionais. Enquanto não compreendermos a inter-relação de pensamento e palavra, não poderemos responder, e nem mesmo colocar corretamente, qualquer uma das questões mais específicas desta área. Por mais estranho que pareça, a psicologia nunca investigou essa relação de maneira sistemática e detalhada. As relações interfuncionais, em geral, não receberam, até agora, a atenção que merecem. Os métodos de análise atomísticos e funcionais, predominantes na última década, trataram os processos psíquicos isoladamente. Métodos de pesquisa foram desenvolvidos e aperfeiçoados com a finalidade de estudar funções isoladas, enquanto sua interdependência e sua organização na estrutura da consciência como um todo permaneceram fora do campo de investigação. (VIGOTSKY, 1961, p.1).

As funções psíquicas superiores se tornam complexas após o nascimento da criança, “pois as características humanas são transmitidas através da cultura, não dá hereditariedade” (Aita & Tuleski, 2017). O desenvolvimento e aprendizado dessas funções diferem do ambiente escolar, ocorrendo principalmente nas interações sociais, o que promove tanto funções básicas quanto avançadas. A cultura que envolve o indivíduo pode alterá-lo e ser por ele influenciada, levando à ideia de mediação por instrumentos, proposta por Vygotsky. Essa ideia está profundamente ligada à cultura e contexto histórico do indivíduo, uma vez que sua interação com o ambiente não é direta; ferramentas são necessárias para auxiliar suas ações. Portanto, a interação do ser humano com o ambiente visa à remodelação mútua para atender às necessidades do indivíduo.

Segundo ele, organismo e meio exercem influência recíproca, por tanto o biológico e o social não estão dissociados. Nesta perspectiva, a premissa é de que o homem constitui-se como tal através de suas interações sociais, portanto, é visto como alguém que transforma e é transformado nas relações produzidas em uma determinada cultura. É por isso que seu pensamento costuma ser chamado de sócio-interacionista. (Rego, 2007, p.93).

A mediação por instrumento envolve o uso de objetos concretos para conduzir experimentos educacionais, como telescópios, por exemplo. Ao considerar que algumas observações astronômicas podem ser feitas a olho nu, mas com limitações de detalhes, o uso de telescópios surge como uma ferramenta para ampliar o campo de visão e aprofundar as informações. Isso cria uma interação entre o observador e o objeto de estudo, permitindo uma visão mais abrangente, não apenas do objeto principal, mas também de outros elementos. Essa ferramenta de visualização tem o efeito de alterar as percepções do observador, capacitando-o a intervir de maneira mais eficaz no ambiente, sendo assim, “na perspectiva sócio-interacionista, Vygotsky confirma a mediação entre o universo objetivo e o subjetivo” (ZANOLLA, 2012).

Uma maneira adicional de mediação é através de signos, que desempenham um papel crucial na compreensão e assimilação de informações. Os signos desempenham um papel nas funções psicológicas superiores, orientando o comportamento humano. No entanto, Vygotsky enfrentou desafios em distinguir claramente entre mediação por instrumentos e mediação por signos na sua época, sendo assim ele apresenta a pontos importantes como forma de orientação:

A função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade; ele é orientado externamente; deve necessariamente levar a mudanças nos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e domínio da natureza. O signo, por outro lado, não modifica em nada o objeto da operação psicológica. Constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo; o signo é orientado internamente. Essas atividades são tão diferentes uma da outra, que a natureza dos meios por elas utilizados não pode ser a mesma. (VIGOTSKI, 2007, p.55).

Enquanto a mediação por instrumentos envolve ação concreta do homem transformando o ambiente, a mediação por signos opera principalmente no aspecto mental do indivíduo, afetando suas estruturas internas e sua internalização. A relação entre essas duas formas de mediação influencia a atividade psicológica, definida por Vygotsky como função psicológica superior ou comportamento superior. Ambas essas formas, embora distintas, têm em comum a interação social como base essencial. Com isso, “as formas conscientes do homem aparecem impulsionadas e moldadas pela mediação da linguagem: não pensamos sem palavras” (Martins, Moser, 2012, p. 14), neste contexto, observa-se uma transição da atividade intencional para a consciente. Vygotsky destaca que os signos desempenham um papel substancial na internalização, à medida que o indivíduo evolui, passando de signos externos para representações internas. Esses últimos, conhecidos como signos internos, são empregados para evocar memórias e realizar representações mentais. Uma vez que um signo adquire significado, ele passa por mediação interna, sendo compartilhado com outros indivíduos de sua cultura e, eventualmente, transformando-se em uma representação social.

Com a intenção de esclarecer a discrepância entre aprendizagem e desenvolvimento, Vygotsky introduz um novo conceito que explora a variação na aprendizagem do aluno antes e depois de ingressar na escola. Ele observou que os alunos podem passar por dois tipos de aprendizagem: pré-escolar, referente ao período anterior à escola, e escolar, durante a idade escolar. Vygotsky (2007) aponta que tanto Koffka quanto outros reconheceram a diferença entre essas formas de aprendizagem. O primeiro tipo é considerado não sistematizado, vinculado à família e à sociedade, sem foco específico na formação escolar, enquanto o segundo é sistematizado, relacionado ao ambiente escolar, planejado e formativo. Para explicar de maneira coerente, Vygotsky introduz o conceito de zona de desenvolvimento proximal, que representa a região em que a relação entre aprendizagem e desenvolvimento da criança é observável, destacando as diferenças entre os períodos pré-escolar e escolar.

A zona de desenvolvimento proximal provê psicólogos e educadores de um instrumento através do qual se pode entender o curso interno do desenvolvimento. Usando esses métodos podemos dar conta não somente dos ciclos e processos de maturação que já foram completados, com também daqueles processos que estão em estado de formação, ou seja, que estão apenas começando a amadurecer e a se desenvolver. Assim, a zona de desenvolvimento proximal permite-nos delinear o futuro imediato da criança e seu estado dinâmico de desenvolvimento, propiciando o acesso não somente ao que já foi atingido através do desenvolvimento, como também àquilo que está em processo de maturação. (VIGOTSKI, 2007, p. 98).

A zona de desenvolvimento proximal oferece um amplo campo de estudo tanto para psicólogos quanto para educadores, permitindo explorar diversas maneiras pelas quais os alunos aprendem. Essa zona representa a interseção de dois níveis distintos. Primeiro, o nível de desenvolvimento real, que se refere às habilidades mentais já consolidadas e às atividades que o aluno pode executar com suas próprias competências. Segundo o nível de desenvolvimento potencial, que engloba tarefas que o aluno ainda não é capaz de realizar apenas com seus conhecimentos e habilidades atuais, exigindo o uso de funções que estão em processo de formação. De acordo com o livro “Mind in Society”:

Vygotsky resumia a três as concepções sobre a relação entre aprendizagem e desenvolvimento, disponíveis na sua época: uma posição que assumia a independência entre ambos os processos, uma segunda que defendia que aprendizagem era desenvolvimento, e uma terceira que buscava uma superação das anteriores posições extremadas, sugerindo uma terceira via de reconciliação e combinação entre elas. Foi por não se reconhecer em nenhuma delas que encetou os estudos que o conduziram ao postulado da existência da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), onde o aprendiz, o instrutor e o conteúdo interagem com o problema para o qual se procura. (FINO, 2001, p.9).

As ideias mencionadas derivam das implicações presentes na zona de desenvolvimento imediato, pois constituem ferramentas para compreender o processo e a realização da aprendizagem. É relevante notar que a zona de desenvolvimento proximal amplia a perspectiva do educador, proporcionando um

vasto campo de possibilidades ao planejar suas aulas. Entre as implicações da ZDP, destaca-se a "janela de aprendizagem", que sugere que aprender individualmente pode apresentar limitações, enquanto em grupo, os indivíduos manifestam diversas formas de aprendizado, incluindo a imitação entre alunos

Porque quando afirmamos que a criança age por imitação, isto não quer dizer que ela olhe outra pessoa nos olhos e imite. Se eu vi alguma coisa hoje e faço a mesma coisa amanhã, eu o faço por imitação. Quando em casa uma criança resolve problemas depois de ter visto a amostra em sala de aula, ela continua a agir em colaboração, embora nesse momento o professor não esteja ao seu lado. (VIGOTSKI, 2009, p.342).

A imitação se baseia em conhecimentos prévios, não sendo realizada de forma indiscriminada. Ao iniciar uma aula, o educador deve considerar a experiência vivida pelos alunos como ponto de partida. A segunda implicação é o papel de "educador como mediador". Aqui, o professor auxilia os alunos na compreensão de valores, habilidades e capacidades, permitindo a interiorização do conhecimento e a conscientização sobre a resolução de problemas. O professor não assume a responsabilidade de aprender pelo aluno, mas orienta o caminho, com o aluno sendo o foco do aprendizado e o educador agindo como um guia. Por fim, surge a "mediação entre pares". A interação social entre alunos facilita o entendimento, permitindo a imitação dos mais habilidosos pelos que têm dificuldades. Essa colaboração promove a interiorização, conectando a zona de desenvolvimento proximal com a zona de desenvolvimento potencial. Nessa dinâmica, os colegas se tornam mediadores, contribuindo para a estruturação do conhecimento por meio de signos.

Dentro das análises de Vygotsky, a relação entre pensamento e linguagem é notável, com o significado das palavras desempenhando um papel central em suas teorias. Esse papel é profundamente influenciado pela cultura e história de vida do indivíduo. O significado é uma parte essencial da palavra, contribuindo para o dinamismo e a expressão do pensamento. A interconexão entre pensamento e fala leva ao desenvolvimento do pensamento verbal, que, por sua vez, contribui para a construção do significado das palavras e para o amadurecimento das funções psicológicas.

Uma palavra sem significado é um som vazio; o significado, portanto, é um critério da 'palavra', seu componente indispensável. Pareceria, então, que o significado poderia ser visto como um fenômeno da fala. Mas, do ponto de vista da psicologia, o significado de cada palavra é uma generalização ou um conceito. E como as generalizações e os conceitos são inegavelmente atos de pensamento, podemos considerar o significado como um fenômeno do pensamento. (OLIVEIRA, 1992, p.48).

O significado de uma palavra se desenvolve através da história de um grupo de pessoas, conectando-se ao mundo físico e social. Vygotsky descreve isso como o "conceito cotidiano", um conhecimento direto e não mediado, moldado pela interação social. Esses conceitos cotidianos da criança são adaptados ao contexto social e histórico, não sendo inicialmente ligados à esfera científica ou escolar. No entanto, ao entrar na escola, esses conceitos evoluem para conceitos científicos, envolvendo um aprendizado indireto, mediado pelo professor. A transição dos conceitos cotidianos para os científicos é crucial: os conceitos prévios da criança servem como base para a mediação do conhecimento pelo educador, ajustando-o conforme necessário. O educador atua como mediador entre o indivíduo e o conhecimento, ocupando a zona de desenvolvimento proximal, onde diversas possibilidades de aprendizado são exploradas com dinamismo.

2.2 O Ensino Investigativo

Desde meados do século XIX, a educação passa por mudanças impulsionadas por transformações sociais, refletindo influências políticas, históricas e filosóficas (Zômpero & Laburú, 2011). Novas abordagens educacionais surgem em países europeus e nos Estados Unidos. No século XX, consolidou-se a necessidade de promover o pensamento científico investigativo na educação, com as

ideias de John Dewey influenciando as escolas americanas. Nos EUA, a Pedagogia Progressista emergiu como resposta ao pensamento da Pedagogia Tradicional de Herbart. Ele acreditava no controle rigoroso, com punições para estudantes com baixo desempenho, foco na disciplina como formação moral e incentivo à instrução educativa para estimular o aprendizado. Com o tempo, a abordagem progressista de Dewey ganhou mais adeptos.

Dewey propunha que o ensino se baseasse na experiência e na relação com a educação científica. Essa educação científica deriva das experiências individuais relacionadas ao mundo vivido, de modo que o ensino deve conectar o conteúdo com o conhecimento prévio adquirido informalmente, permitindo a construção de uma experiência de aprendizado em sala de aula. Tanto cientistas europeus quanto americanos defendiam que as escolas deveriam incluir disciplinas que envolvessem a prática de lógica indutiva. Isso permitiria a análise dos fenômenos ocorrentes para desenvolver a compreensão, comparando esse processo ao que ocorre em um laboratório. Esse enfoque fortalece a abordagem da educação científica.

A importância de reestruturar a pesquisa na educação científica foi enfatizada com o lançamento do satélite Sputnik pelos russos, o que gerou apreensão nos Estados Unidos. Isso levou os EUA a reconhecerem a necessidade de direcionar o ensino acadêmico dos alunos para a ciência, visando desenvolver capacidades de defesa e prevenção, como apontado por Zompero e Laburú (2011).

No Brasil, o desenvolvimento do Ensino Investigativo ocorreu durante as reformas curriculares nas décadas de 1950 e 1960. Esse período foi marcado por desafios econômicos após a 2ª Guerra Mundial, levando o país a buscar auto-suficiência e crescimento industrial. Conforme Krasilchik (2000, p.86) ressalta, o progresso industrial e econômico do Brasil dependia do avanço tecnológico e científico. Assim, foram necessários investimentos e reformas no currículo educacional para atender às demandas do país em termos de avanços científicos.

No Brasil, a necessidade de preparação dos alunos mais aptos era defendida em nome da demanda de investigadores para impulsionar o progresso da ciência e tecnológica nacionais das quais dependia o país em processos de industrialização. A sociedade brasileira, que se ressentia da falta de matéria-prima e produtos industrializados durante a 2ª Guerra Mundial e no período pós-guerra, buscava superar a dependência e se tornar auto-suficiente, para o que uma ciência autóctone era fundamental. (KRASILCHIK, 2000, P.86).

A escola desempenha um papel crucial no desenvolvimento da sociedade e do país, investindo nos jovens por meio do sistema acadêmico. Isso faz com que a ciência não seja neutra em relação aos problemas sociais. O progresso científico não ocorre por mera necessidade interna, mas também por influência da educação, pois cada país busca seu desenvolvimento por meio da educação, formando jovens que podem se tornar cientistas capazes de contribuir para novas perspectivas de crescimento. A abordagem investigativa foi incorporada nos Parâmetros Curriculares Nacionais no final da década de 1990.

Investigar tem, contudo, um sentido mais amplo e requer ir mais longe, delimitando os problemas a serem enfrentados, desenvolvendo habilidades para medir e quantificar, seja com réguas, balanças, multímetros ou com instrumentos próprios, aprendendo a identificar os parâmetros relevantes, reunindo e analisando dados, propondo conclusões. Como toda investigação envolve a identificação de parâmetros e grandezas, a competência em Física passa necessariamente pela compreensão de suas leis e princípios, de seus âmbitos e limites. (Brasil, 1999, P. 231).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017 destaca a necessidade de desenvolver processos de formação intelectual desde o ensino básico para atender às demandas da sociedade. Nessa abordagem, o estudante não é apenas um observador, mas um participante ativo capaz de propor soluções através do ensino investigativo. Conforme Sasseron (2018, p. 1061) afirma, "as modalidades de ação do processo investigativo propostas na BNCC consideram a diversidade de

atividades envolvidas na construção do entendimento sobre os conhecimentos científicos e sobre a própria ciência".

2.2.1 A Sequência de Ensino por Investigação

O aluno, como parte da sociedade, recebe informações históricas que moldam seu pensamento. No entanto, devido à quantidade excessiva de informações no ambiente escolar e à falta de tempo, muitos conteúdos são mal ensinados ou abandonados. A qualidade do ensino é prejudicada pela ênfase na quantidade, além de tecnologias potencialmente benéficas para o ensino em sala de aula serem limitadas no ensino público. Pesquisas de psicólogos e pedagogos podem ajudar os educadores, embora não haja uma solução única. Falta de tempo, carga horária e formação continuada também impactam. Os livros didáticos, frequentemente utilizados, carecem de contextualização histórica, cronológica e informações sobre cientistas. O uso da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) tem como objetivo aprimorar a aprendizagem em Física, especialmente Astronomia, por meio de uma sequência didática.

O ensino Investigativo visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico, como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz que o EI seja uma estratégia didática em que os professores deixam de simplesmente fornecer conhecimentos aos alunos, que passam a ser mais ativos, e não meros receptores de informações. É necessário que as atividades contribuam para o desenvolvimento da capacidade de reflexão dos alunos, de modo que o conhecimento anterior gere um novo. Assim, o professor deve orientar os alunos ao longo do processo de investigação, proporcionando condições para que entendam e compreendam o que estão fazendo. (BATISTA E SILVA, 2018, p. 97).

O ensino investigativo se concentra em promover o aprendizado colaborativo por meio da interação social, conectando o senso comum do cotidiano com o conhecimento científico. Em vez de transmitir informações diretamente, o objetivo é permitir que essas informações surjam gradualmente durante a interação em grupo, guiada pelo professor e pela problematização inicial. O enfoque visa a aprendizagem científica, mas não necessariamente seguindo os padrões de um laboratório de Física.

Temos de deixar bem claro que existe uma distância muito grande entre os cientistas, os físicos e os alunos que aprendem Física na escola básica no que diz respeito aos objetivos que têm diante da Física e da construção de entendimento. Nossos alunos ainda pouco conhecem sobre o que seja Física, não tem todo o conhecimento prévio de um cientista nem ainda o desenvolvimento intelectual destes. Portanto, precisamos ter cuidado para não pensarmos em nossos alunos como cientistas mirins, mas estudarmos os principais aspectos do processo científico e adaptá-los para o ensino. (CARVALHO e SASSERON, 2015, p.2).

No contexto não universitário, o material didático deve estimular o pensamento crítico através de perguntas que levem a argumentações mais profundas, desmantelando conceitos do senso comum. Conforme Zompero e Laburú (2011) indicam, o ensino investigativo tem múltiplos objetivos, incluindo o desenvolvimento cognitivo, a prática de elaborar hipóteses, analisar dados e aprimorar a capacidade argumentativa. Carvalho (2013), apoiado em pesquisas de Piaget, ressalta a importância do reequilíbrio no planejamento e na aprendizagem, oferecendo orientações cruciais para ambos os processos.

O entendimento da necessidade da passagem da ação manipulativa para ação intelectual na construção do conhecimento – neste caso incluindo o conhecimento escolar – tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conteúdos e conceitos, isto é, constructos teóricos. Desse modo o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas. (Carvalho 2013, p. 3).

Os elementos contribuintes à ação manipulativa e intelectual são essenciais na construção do conhecimento, cada um com sua importância específica. A ação manipulativa envolve as experiências cotidianas e conhecimento prévio, enquanto a ação intelectual exige planejamento do educador para direcionar o aprendizado e explorar o conteúdo. A ação manipulativa deve ser mediada pelo educador, não se trata de exposição direta, mas de problematização, experimentos ou materiais visuais. O planejamento é crucial para adaptar a abordagem à realidade dos alunos. Segundo Carvalho (2013), às teorias de Vygotsky trazem contribuições, como a "interação social mediada por artefatos sociais e culturalmente construídos", promovendo a interação com experimentos e aspectos sociais, o que enriquece o planejamento do educador. A Zona de Desenvolvimento Proximal também é relevante, orientando a estratégia de ensino e valorizando os conhecimentos prévios e conceitos do senso comum como ponto de partida.

2.2.2 Planejamento da Sequência de Ensino Investigativa

Para criar a Sequência de Ensino Investigativa (SEI), é fundamental seguir alguns passos essenciais no planejamento. Uma vez definido o planejamento, é crucial estabelecer um ambiente investigativo durante as aulas de ciências. A SEI requer atividades alinhadas à pesquisa do aluno, para guiar sua investigação de maneira focada. A argumentação e raciocínio do estudante devem permanecer relacionados à problematização original. É importante entender a estrutura da SEI, organizando cada fase de acordo com categorias e subcategorias, orientando a jornada do aluno.

Quadro 1: Estrutura da SEI

Fase	Categorias	Subcategorias
Fase 1	Apresentação	Realizar aos estudantes inicialmente o planejamento e o que se espera, em seguida realizar uma sondagem do conhecimento;
Fase 2	Problematização	Problemas experimentais
		Problemas não experimentais
		Problemas teóricos
Fase 3	Solucionando o problema	Os estudantes em grupo, através da interação social propõem pelo diálogo meios para interpretar e responder;
Fase 4	Sistematização por leitura	É importante o aprofundamento através de um texto mais científico e maleável para a aprendizagem;
Fase 5	Sistematização individual	O aluno é orientado a escrever ou a desenhar o que entendeu propondo teorias, hipóteses, palavras ou frases;

A SEI começa com a apresentação de um problema experimental, não experimental ou teórico, sempre após introduzir os alunos ao cenário da investigação. É importante que a problematização esteja enraizada na realidade cultural e conhecimento prévio dos alunos, impulsionando seu interesse. Pode ser subdividida em diferentes formas, como demonstrações práticas, imagens ou textos teóricos. A interação social entre os alunos em grupos promove a troca de informações e o desenvolvimento cognitivo, levando a questionamentos, hipóteses e teorias. O papel do professor é intervir, ampliar discussões e sistematizar por meio de leituras. A sistematização individual, registrada por escrito, permite o acompanhamento do crescimento do aluno, incorporando palavras, frases, hipóteses, teorias e desenhos.

3. Métodos e Materiais

O objetivo desta proposta é ir além do conteúdo dos livros didáticos, oferecendo um material útil para professores e alunos. Através de um planejamento investigativo, busca-se transformar as aulas de Astronomia em diálogo mediado por materiais de pesquisa, história e simuladores. Isso permite que os alunos compreendam que a ciência envolve dedicação, tentativas, erros e evolução de hipóteses ao longo do tempo. As investigações dos alunos são guiadas por dados, promovendo interações e perspectivas teóricas, contrastando com concepções do senso comum. A abordagem é adaptada para não ser tão rigorosa quanto um laboratório acadêmico. A proposta é ilustrada por um estudo de caso em uma escola pública de Goiás, onde uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) foi aplicada para alunos do ensino médio.

O produto educacional foi desenvolvido para ser utilizado nas séries iniciais do Ensino Médio, com foco no tema "Astronomia e Astrofísica", que apresenta grande potencial para essas faixas etárias. No entanto, devido a diversas circunstâncias, sua aplicação foi restrita à 3ª série do ensino médio, abrangendo quatro turmas distintas. Uma das principais razões para essa adaptação foi o fato de o responsável pelo produto não ser o professor titular das turmas, o que gerou desafios de acesso direto às aulas.

Além disso, a aplicação ocorreu durante a pandemia de COVID-19 em 2020, período em que as escolas operavam em formato híbrido e enfrentavam defasagens no aprendizado devido às dificuldades do ensino remoto. Os alunos estavam aquém dos conteúdos necessários para a abordagem das Leis de Kepler e Gravitação Universal, pré-requisitos importantes. As limitações de acesso à internet, a falta de dispositivos como computadores e a restrição ao uso de dispositivos afetaram o processo de ensino. Muitos alunos tinham apenas smartphones e acesso limitado aos dados. Vale ressaltar que durante o período de março a dezembro de 2020, a única ferramenta digital disponível para o colégio foi o aplicativo WhatsApp, que foi usado para compartilhar materiais em PDF e links de aulas gravadas pelos próprios alunos no YouTube. Foram disponibilizados também materiais impressos e as aulas foram mantidas pelo Google Meet. Esses foram os recursos acessíveis durante esse período desafiador. Dadas as limitações impostas, um conjunto de 18 estudantes apenas conseguiu concluir sua participação no projeto.

Segue o quadro 2 com a disposição das aulas em conteúdos:

Quadro 2: Disposição do encontros quanto aos conteúdos abordados

Encontro (2h)	Conteúdos
1	Explorando o conhecimento;
2	Análise Imagética das Luas Galileanas;
3	Contribuição Histórica das Antigas Civilizações e dos Observadores na Astronomia;
4	A Geometria das Cônicas e Suas Aplicações na Astronomia;
5	As Leis de Kepler – Com Uso de Simuladores;
6	Gravitação Universal - Com Uso de Simuladores

A primeira aula foi dedicada à apresentação da proposta do projeto e realização de um questionário que objetivou verificar os conhecimentos prévios dos estudantes. A aplicação do Produto Educacional iniciou-se basicamente na segunda aula, com a apresentação aos estudantes de uma situação problema envolvendo as anotações de Galileu sobre as Luas Galileanas de Júpiter, registradas em janeiro de 1610. Galileu registrou em suas notas o comportamento dos quatro maiores

satélites, descrevendo as suas posições a cada dia durante aquele mês. Esse evento histórico serviu como ponto de partida para uma proposta desafiadora aos alunos, convidando-os a reproduzir o trabalho de Galileu ao nomear as quatro principais luas de Júpiter – Io, Ganimedes, Europa e Calisto – de acordo com suas posições orbitais. Na Figura 1 pode-se ver o material disponibilizado para a realização da atividade. Nesta etapa, a interação entre os alunos foi fundamental. O diálogo entre eles permitiu a troca de percepções e a colaboração na resolução do problema proposto, que era de natureza não experimental, porém baseada em dados observacionais.

Figura 1: Anotações de Galileu para o desenvolvimento do problema investigativo.

FIG.	DATE.	EAST.	WEST.
1	Jan. 7	• •	○ •
2	8		○ • • •
3	10	• •	○
4	11	• •	○
5	12	• •	○ •
6	13	•	○ • • •
7	15		○ • • • • •
8	15		○ • • • • •
9	16	•	○ • •
10	17	•	○ • •
11	Jan. 17	• • •	○ •
12	18	•	○ •
13	19	• •	○ • •
14	19	• •	○ • •
15	20	•	○ • •
16	20	•	○ • •
17	20	•	○ • •
18	21	• • •	○ •
19	22	• •	○ • • •
20	22	•	○ • • •
21	23	• •	○ •
22	23	•	○
23	24	• • •	○
24	25	• •	○
25	26	• •	○ •
26	26	• •	○ •
27	27	•	○
28	30	• •	○ • •
29	31	• •	○ •

A terceira aula focou-se na exploração mais ampla da história da astronomia, abrangendo as antigas civilizações chinesa, mesopotâmica, egípcia e chegando até o período de Newton. Esse mergulho na história dos astrônomos e observadores de diferentes culturas enriqueceu a compreensão dos estudantes sobre o desenvolvimento do conhecimento astronômico ao longo dos tempos. Ao final da sequência os alunos produziram apresentações baseadas em temas abordados nessa aula, com refinamento de pesquisa e aprofundamento do conteúdo.

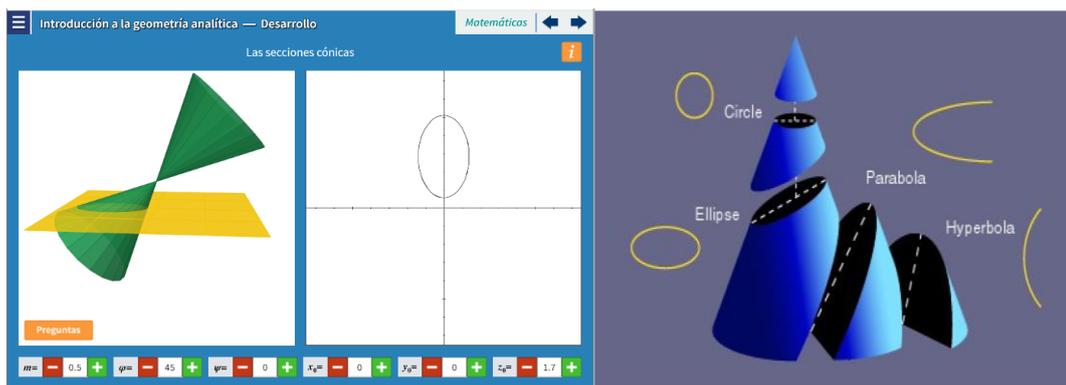
Quadro 3: Antigas civilizações e observadores

Antigas Civilizações e observadores	Períodos
Astronomia Chinesa	2137 a.C.
Astronomia na Mesopotâmia	2000 a.C.
Astronomia Egípcia	3500 a.C.
Astronomia Grega	401 a.C.
Tales de Mileto	640 – 546 a.C.
Anaximander de Mileto	190 -125 a.C.
Pitágoras de Samos	582 – 500 a.C.
Anaxagoras	500 – 428 a.C.
Filolaus de Crotona	470 – 390 a.C.
Platão	427 – 347 a.C.
Eudóxio de Cnido	408 – 355 a.C.
Aristóteles de Estágia	384 -322 a.C.
Aristarco de Samos	310 – 230 a.C.
Eratóstenes de Cirene	276 – 194 a.C.
Hiparco de Niceia	190 – 125 a.C.
Cláudio Ptolomeu	90 – 168 d.C.
Nicolau Copérnico	1473 – 1543
Tycho Brahe	1546 – 1601
Galileu Galilei	1564 – 1642
Johannes Kepler	1572 – 1630
Isaac Newton	1642 – 1727

A abordagem didática também abraçou, na quarta aula, a exploração de geometrias cônicas, como elipses, círculos, hipérbolas e parábolas. Para essa finalidade, foi utilizado um simulador de Ensino à Distância da Universidade do México, proporcionando aos alunos uma experiência visual e prática para compreender esses conceitos geométricos de forma mais sutil e envolvente¹. O objetivo do estudo da geometria das curvas não é um aprofundamento matemático, mas conhecer como ocorre a formação das curvas, as suas propriedades em decorrência dos parâmetros físicos e aprender a diferenciá-las através da excentricidade. Uma tela do simulador é apresentada na Figura 2. Nele é possível que o estudante varie a excentricidade e veja surgir a projeção no plano 2-D da órbita correspondente.

¹ O site disponibiliza programas computacionais de Matemática para o Ensino Superior relativo ao Ensino Superior de Álgebra Linear direcionado a Introdução à Geometria Analítica:
http://prometeo.matem.unam.mx/recursos/Licenciatura/Un100/recursos/ Un_003_IntroduccionALaGeometriaAnalitica/index.html.

Figura 2: tela do simulador para visualização das cônicas.



Fonte: autor

Tais curvas geométricas fazem parte das paisagens brasilienses e isso foi trazido, como ilustração, aproximando a discussão da matemática à realidade dos estudantes.

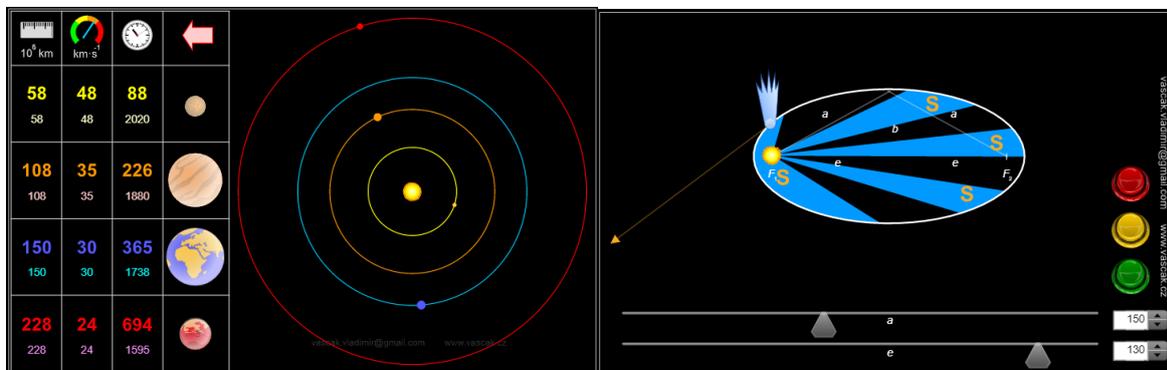
Figura 3: Catedral de Brasília (à esquerda) e Ponte Juscelino Kubitschek (à direita)



Fonte: Domínio público

Na quinta aula, os alunos foram guiados à simulação das Leis de Kepler através do software “Física na Escola HTML5”² que proporcionou aos estudantes a visualização das órbitas dos planetas, diferenciando o movimento circular e elíptico dos planetas em torno do Sol (1º Lei de Kepler). Também permitiu a visualização, na prática, da lei de varredura das áreas (2º Lei de Kepler) e possibilitou a simulação que relaciona os quadrados dos períodos de revolução de dois planetas e os cubos de suas distâncias médias ao Sol (3ª Lei de Kepler).

Figura 4: Simulações das Leis de Kepler

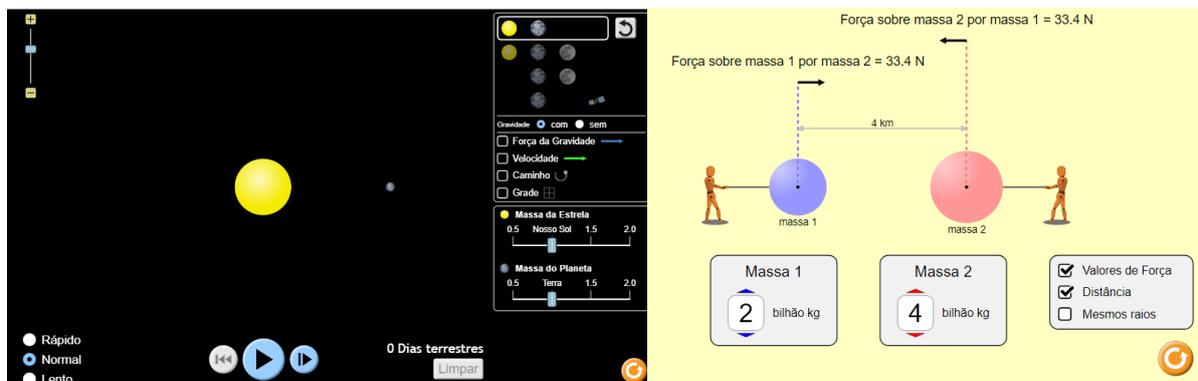


² <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=en>. Desenvolvido pelo professor Vladimír Vašćák,

Fonte:Autor

Finalmente, a sexta aula focou na simulação da Lei da Gravitação Universal, utilizando a plataforma Phet Colorado³. Ainda que esse conteúdo já tivesse sido apresentado aos estudantes, a simulação trouxe elementos realísticos ao tema, tornando o assunto mais intuitivo e agradável.

Figura 5: Simulações sobre a Lei da Gravitação Universal



4. Descrição do Produto Educacional

Frente aos desafios de ensinar Astronomia e Astrofísica no Ensino Médio, o propósito do Produto Educacional foi a de oferecer uma sequência didática embasada no Ensino Investigativo. Essa abordagem coloca o aluno como protagonista da aprendizagem, enquanto o professor age como mediador, fundamentado nas teorias de Vygotsky, que realçam a interação social e o contexto cultural como meios de transferência de conhecimento. O desenvolvimento do material foi motivado pela intenção de capacitar os alunos a adotar uma postura investigativa dentro das limitações de sua série e conhecimento. O objetivo é proporcionar experiências que fomentem o desenvolvimento de um raciocínio lógico para a Física e outras áreas. O produto não buscou resolver todos os desafios de ensino, mas abordou aspectos da Astronomia, desde as observações das Luas Galileanas até a teoria da Gravitação Universal de Newton.

Uma das principais preocupações foi, na concepção do produto, conseguir divergir dos livros didáticos usados no Ensino Médio público. Esses livros frequentemente apresentam o conteúdo sem contexto histórico, matemático ou vivências práticas, como experimentos de laboratório, uso de telescópios ou simulações de corpos celestes. Outro ponto relevante foi valorizar a interdisciplinaridade como estratégia didática, seja ao longo da abordagem da Histórica junto à Física e Astronomia, contextualizando as descobertas científicas ao desenvolvimento da própria sociedade, seja quando da demonstração da relação entre Astronomia e Matemática, a partir da exploração de conceitos geométricos como cônicas.

O plano de ensino proposto seguiu uma SEI com as diretrizes de Carvalho (2013). Essa abordagem orienta as etapas do processo de ensino, com ênfase na aprendizagem investigativa. A introdução do conteúdo para os alunos começa com a formulação de um problema, que pode ser experimental ou não experimental, a partir do qual os alunos são guiados para explorar e compreender os conceitos.

A sequência de ensino é constituída pelas seguintes etapas:

³ O Phet, pode ser localizado no site <https://phet.colorado.edu/> e é desenvolvido pela Universidade da Califórnia nos EUA

1. Distribuição do material experimental ou não experimental acompanhado da problematização pelo professor.
2. Apresentação pelos estudantes de possíveis respostas ou soluções.
3. Sistematização dos conhecimentos adquiridos.
4. Registro por escrito e/ou por meio de desenhos.

Essas etapas não precisam necessariamente ser realizadas todas em uma única aula, podendo ser distribuídas conforme o planejamento estabelecido pelo professor e a realidade do processo de ensino-aprendizagem. Cronologicamente, essas etapas foram organizadas em encontros, cada um com duração de duas horas-aula. Ao todo, foram planejados seis encontros, totalizando doze horas-aula. O desenho de cada encontro, com a definição precisa dos objetivos e metodologia, com a escolha dos recursos didáticos a serem utilizados, e o estabelecimento de claras conexões entre as propostas de Vygotsky e as orientações de Carvalho para o Ensino Investigativo foram fundamentais para o êxito da aplicação da proposta.

5. Resultados e Discussões

Dois questionários contendo perguntas abertas foram disponibilizados aos estudantes, visando uma avaliação qualitativa. Conforme indicado por Carvalho (2013), a avaliação pode abranger desde a compreensão dos conceitos científicos até a manifestação de valores, atitudes e consciência em relação ao conteúdo. Além das perguntas discursivas, o questionário incluiu questões para permitir que os alunos expressassem suas percepções internas, alinhando-se à abordagem de Oliveira (1993). O primeiro conjunto de questões foi aplicado na aula 1, buscando conhecer os alunos e avaliar seu conhecimento prévio sobre as leis de Kepler. Já o segundo conjunto de perguntas, aplicado após a conclusão da sequência de ensino, na aula 6, teve o objetivo de avaliar o impacto do uso de simuladores e demais estratégias didáticas. Comparando os gráficos das respostas entre a aula 1 e a aula 6, é evidente um avanço no entendimento dos conceitos das leis de Kepler e da Gravitação Universal. É importante observar que, embora o ensino tenha ocorrido remotamente, os estudantes demonstraram um engajamento significativo nas aulas.

Um destaque notável foi a evolução nos conceitos científicos: os termos e palavras utilizados pelos alunos avançaram, substituindo termos menos precisos por conceitos mais acurados. Por exemplo, a palavra "giros" foi substituída por "órbita". Nas representações visuais, houve uma mudança substancial. Enquanto nas primeiras representações os planetas eram desenhados de maneira simplificada e igualmente espaçados, nas representações posteriores, o posicionamento dos planetas Júpiter e suas Luas Galileanas passou a ser mais realista, considerando as órbitas individuais.

O segundo conjunto de questionários revelou um aumento expressivo no uso de termos, palavras e conceitos científicos pelos alunos. É relevante observar que alguns alunos enfrentaram dificuldades na resolução das questões, e alguns cometeram erros ou optaram por não responder. Enquanto os acertos nas respostas fornecem um indicativo positivo, é fundamental enxergar além das estatísticas. A riqueza do vocabulário, a incorporação de novos conceitos, o desenvolvimento da percepção científica e a melhoria nas representações visuais são aspectos igualmente importantes a serem considerados. Este processo reflete a transição da ação manipulativa para ação intelectual, em consonância com Carvalho (2013). Ademais, é possível observar a internalização do conhecimento conforme preconizado por Vygotsky (2007).

6. Considerações Finais

Diante das respostas às questões iniciais, fica evidente que os estudantes possuíam conhecimento prévio variado sobre o Sistema Solar e a história de Galileu, embora com algumas distorções decorrentes do senso comum e fontes informais. Ainda que tenham ouvido falar em Galileu, o entendimento das observações das Luas de Júpiter era limitado entre eles. A prática investigativa envolveu os alunos na resolução de um problema não experimental, que demandou pensar como Galileu e com recursos limitados; entenderam que era de fato possível a identificação das Luas Galileanas. A interação social, facilitada pelo ensino remoto síncrono, levou os alunos a proporem interpretações e classificações dos satélites. Esse processo, de acordo com Carvalho (2013), marcou a transição da ação manipulativa para a ação intelectual, culminando na construção do conhecimento.

Os alunos também pesquisaram a evolução histórica da Astronomia, produzindo apresentações baseadas em temas previamente abordados em aulas anteriores. A compreensão dos conceitos de geometrias curvas, Leis de Kepler e Gravitação Universal foi manifestada na sistematização individualizada. A teoria de Vygotsky (2007) sobre internalização por meio de signos refletiu na representação mental mediada por símbolos. O objetivo da abordagem não foi testar teorias já estabelecidas, mas sim proporcionar uma forma mais significativa de aprender sobre as Leis de Kepler e a Gravitação Universal. O produto educacional buscou engajar os alunos e motivá-los a aprofundar seus estudos, visando não apenas o aprendizado superficial.

Embora o ensino remoto tenha limitado a interação social, o aprendizado foi significativo. Uma abordagem presencial, com visitas a um planetário ou observatório, teria enriquecido a experiência, especialmente para alunos de uma cidade do interior sem acesso a essas estruturas. A importância de romper com abordagens tradicionais e de qualidade na educação foi destacada, refletindo na visão do MNPEF sobre a necessidade de transformação educacional.

7. Referências

- Aita, E. B., & Tuleski, C. S. (2017). O Desenvolvimento da Consciência e das Funções Psicológicas Superiores Sob a Luz da Psicologia Histórico-Cultural. *Perspectivas em Diálogo; Revista de Educação e Sociedade*, 4(7), 97 – 111.
- Batista, R. F. M., & Silva, C. C. (2018). A Abordagem Histórico-Investigativa no Ensino de Ciências. *Ensino de Ciências - Estudos Avançados*, 32 (94).
- Brasil. (2018). Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília.
- Carvalho, A. M. P. (Org.). (2013). *Ensino de Ciências por Investigação – Condições para Implementação em Sala de Aula*. São Paulo. Editora Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P., & Sasseron, L. H. (2015). Ensino de Física por Investigação: Referencial Teórico e as Pesquisas Sobre as Sequências de Ensino Investigativas. *Ensino Em Re-vista*, 22(2), 249-256.
- Fino, C. N. (2001). Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três Implicações Pedagógicas. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(2), 273-291.
- Krasilchik, M. (2000). Reformas e Realidade – O Caso do Ensino das Ciências.. *São Paulo em Perspectiva*, (14)1
- Martins, O. B. & Moser, A. (2012). Conceito de Mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. *Revista Intersaberes*, 7(13), 8 – 28.

Oliveira, K. S., & Saraiva, M. F. O. (2013). *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo. Editora Livraria da Física, 3º edição.

Oliveira, M. K. (1992) *Vygotsky – Aprendizado e Desenvolvimento – Um Processo Sócio-Histórico*. Editora Scipione.

Rego, T. C. (2007) *Vygotsky – Uma Perspectiva Histórico-Cultural da Educação*. Editora Vozes – Petrópolis – RJ, 18º Edição.

Sasseron, L. H.(2018). Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3),1061-1085.

Vygotsky, L. S. (2007). *A Formação Social da Mente*. 7º Edição - São Paulo: Editora Martins Fontes.

Vygotsky, L.S (2009). *A Construção do Pensamento e da Linguagem – Textos de Psicologia – 2ª Edição*. São Paulo. Editora WMF Martins Fontes.

Vygotsky, L.S. (2007) *Formação Social da Mente*. 7ª Edição – São Paulo: Editora Martins Fontes.

Zanola, S. R.S. O conceito de Mediação em Vigotski e Adorno. *Psicologia e Sociedade*. Universidade Federal de Goiás. Goiânia. Brasil. P. 5 – 14. 2012.

Zômpero, A. F. & Laburú, C. E.(2001). Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens. *Revista Ensaio. Belo Horizonte*, 13 (03), 67 – 80.