

DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM FÍSICA À LUZ DA TEORIA DA CARGA COGNITIVA

PHYSICAL LEARNING DIFFICULTIES IN THE LIGHT OF THE COGNITIVE LOAD THEORY

Maryelly Silva Faria¹, Eduardo Kojy Takahashi²

¹Universidade Federal de Uberlândia/Faculdade de Educação/Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, maryellyfaria@gmail.com

²Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Física, ektakahashi@gmail.com

Resumo

Analisar as concepções dos estudantes sobre suas dificuldades de aprendizagem traz perspectivas sobre como minimizá-las. O objetivo deste trabalho é identificar como a Teoria da Carga Cognitiva pode justificar as dificuldades de aprendizagem em Física. O referencial teórico se constitui em como aprendemos, de acordo com a neurociência, e como funciona nossa arquitetura cognitiva segundo a Teoria da Carga Cognitiva. A pesquisa foi realizada com estudantes do segundo período de um curso de licenciatura em Física de uma universidade Federal. A análise foi realizada a partir de uma entrevista semiestruturada realizada com esses estudantes, pontuando aspectos da aprendizagem de acordo com a neurociência e a Teoria da Carga Cognitiva. Os estudantes apontaram dificuldades em lidar com conteúdos lógico-abstratos, relacionar conteúdos e lembrar daquilo que foi estudado. Tal fato aponta para estudantes que não conseguiram construir esquemas e/ou não os construíram com qualidade na memória de longo prazo e, portanto, não conseguem processar as novas informações de forma satisfatória.

Palavras-chave: Aprendizagem, Dificuldades de Aprendizagem, Teoria da Carga Cognitiva

Abstract

Analyzing the students' conceptions about their learning difficulties brings perspectives on how to minimize them. The objective of this work is to identify how the Cognitive Load Theory can justify the difficulties of learning in Physics. The theoretical framework is how we learn, according to neuroscience, and how our cognitive architecture works according to the Cognitive Load Theory. The research was carried out with students of the second period of a licentiate course in Physics of a Federal university. The analysis was performed from a semi-structured interview with these students, punctuating learning aspects according to neuroscience and Cognitive Load Theory. The students pointed out difficulties in dealing with logical-abstract contents, relating contents and remembering what was studied. This fact points to students who have not been able to build schemas and / or have not built them in memory quality in the long term, and therefore cannot process new information in a satisfactory way.

Keywords: Learning, Learning Difficulties, Cognitive Load Theory.

Introdução

Todos os indivíduos, em algum momento de suas vidas, sentem dificuldades para aprender. Neste sentido, é importante considerar os aspectos que levam a essas fragilidades. Alguns trabalhos da área de Física, Química e Matemática mostram preocupação em entender porque os sujeitos não aprenderam ou consideram que não

aprenderam (PEREIRA; ABIB, 2014), e muitos outros trabalhos buscam maneiras de tornar a Física mais atrativa, de forma a minimizar as dificuldades do estudante (TIMBONI, 2016). Diferente desses trabalhos, aqui buscar-se-á entender essas dificuldades para aprender não pela visão do professor, ou a partir de resultados avaliativos e, também não será apontado como tornar a Física mais atrativa, mas se levará em conta a perspectiva dos estudantes, conectando suas concepções com os conhecimentos descritos pela neurociência e Teoria da Carga Cognitiva (TCC).

Na concepção das dificuldades de aprendizagem dentro do contexto escolar, destaca-se importante ponderar as perspectivas dos estudantes sobre em que eles sentem dificuldade, a que eles atribuem essa dificuldade, ou mesmo descobrir se eles têm consciência das suas dificuldades de aprendizagem. As reflexões do estudante sobre como aprende ou não, traz perspectivas sobre como minimizar essas dificuldades, pois leva-se em consideração as experiências, conhecimentos e objetivos de cada um. E a TCC dá um novo prisma para analisar essas concepções.

A TCC discute a elaboração e uso de materiais instrucionais levando em consideração um modelo de arquitetura cognitiva humana. Para Rauber (2016): “A Teoria da Carga Cognitiva pode ser utilizada para determinar muitas das características de um processo educacional efetivo”. Deste modo, este trabalho buscou identificar como a TCC ajuda a interpretar as dificuldades de aprendizagem em Física. Para compreender melhor o que são dificuldades de aprendizagem é importante conhecer o processo de como aprendemos, e para isso devemos levar em conta a arquitetura cognitiva humana, segundo os conhecimentos mais atuais providos pela neurociência.

A pesquisa foi realizada em 2017, com alunos do segundo período do curso de licenciatura em Física de uma universidade federal. Eles relataram suas dificuldades de aprendizagem em Física. Dentro desta discussão, serão utilizados aspectos teóricos que abordam como o ser humano aprende, de acordo com a perspectiva da neurociência e da TCC.

Fundamentação Teórica

Na literatura encontram-se dois enfoques para o termo “dificuldade de aprendizagem”, um relacionado ao aspecto médico e que trata a dificuldade como transtorno que precisa de diagnóstico e medicação, e outro, relacionado a falhas no processo de aprendizagem, onde o aprendiz exibe saúde e funções cognitivas preservadas (PEREIRA; ABIB, 2014). Este trabalho se encaixa na segunda perspectiva.

Existem várias teorias da aprendizagem, cada uma com aspectos a serem considerados, mas, neste trabalho, será dado mais destaque em como o indivíduo aprende pela perspectiva da neurociência e da TCC. Do ponto de vista da neurociência, Consenza e Guerra (2011) afirmam que a aprendizagem está relacionada ao processo de aquisição da informação, seu processamento e como ela é armazenada e recuperada nos momentos que precisamos.

Quando recebemos uma informação, devemos considerá-la relevante para que ela possa passar pelo filtro da atenção, só assim iniciamos o processo de codificar essa informação. Dentro deste processo considera-se a memória de trabalho, a memória de longo prazo, os esquemas e a automação (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011).

Então, para que os estudantes não tenham dificuldades, seus esquemas e automações devem ser consolidados na memória de longo prazo. Consenza e Guerra (2011) corroboram sobre a importância da atenção:

O cérebro se dedica a aprender aquilo que ele percebe como significativo e, portanto, a melhor maneira de envolvê-lo é fazer com que o conhecimento novo esteja de acordo com as suas expectativas e que tenha ligações com o que já é conhecido e tido como importante para o aprendiz (CONSENZA; GUERRA, 2011, p. 58).

Todo o processo de armazenar a informação depende desta significação. A informação precisa ser relevante para passar pelo filtro de nossa atenção; após, ela se encaminhará para a memória de trabalho e nela se manterá um registro. Para que a informação seja armazenada permanentemente precisaremos realizar um processo de criar esquemas, associá-los a outras informações já existentes e trabalhar em um processo de automação. Assim, a nova informação se consolida na memória de longo prazo. Isso quer dizer que “a capacidade intelectual dos seres humanos provém do conhecimento já armazenado, e não da habilidade de compreender longas e complexas estruturas diretamente na memória de trabalho” (RAUBER, 2016).

A memória de trabalho armazena as informações apenas pelo período em que precisamos manipulá-las, até enquanto elas forem necessárias; é uma memória limitada na capacidade de armazenamento e de tempo de retenção dessas informações, mas é fundamental para processar as novas informações e é responsável por fazer alterações na memória de longo prazo. A memória de longo prazo, é onde as informações ficam armazenadas permanentemente, e, diferente da memória de trabalho, ela possui uma capacidade muito maior; também armazena os esquemas que o aprendiz constrói, e isso o auxilia a processar novas informações (CONSENZA; GUERRA, 2011). Segundo a TCC (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011) aprendemos quando modificamos, acrescentamos e resgatamos o conhecimento armazenado na memória de longo prazo.

Os esquemas são como categorizamos e organizamos a informação armazenada na memória de longo prazo; quanto mais conhecimento é armazenado e esquemas realizados, mais experiente é o aprendiz. Os autores da TCC classificam os aprendizes como novatos, intermediários e especialistas, e esses níveis variam de acordo com a quantidade e qualidade das informações e esquemas armazenados na memória de longo prazo.

A automação é gerada pela prática. Quando automatizamos uma informação precisamos de menos esforço para realizarmos a ação. Por exemplo, não temos a mesma sobrecarga na memória de trabalho quando estamos aprendendo a andar de bicicleta e quando já sabemos (TIMBONI, 2016).

Metodologia

Neste trabalho realizou-se uma pesquisa de caráter qualitativo (YIN, 2010). Optou-se por fazer entrevistas semiestruturadas, individuais e presenciais, que foram registradas por meio de gravação de áudio, e a transcrição foi realizada de maneira fiel aos relatos.

Essas entrevistas aconteceram no segundo semestre de 2017 com dois estudantes do segundo período do curso de Física licenciatura de uma universidade federal. Escolheu-se estudantes deste período pelo fato de que os mesmos tinham acabado de ingressar na universidade e ainda estavam se adaptando às mudanças

do ensino médio para o ensino superior. Dos estudantes contatados, apenas dois aceitaram participar da entrevista, em grande parte devido ao fato de que o curso é noturno e a maioria dos estudantes são trabalhadores, sem disponibilidades de horários extra aulas.

A entrevista consistiu em 3 perguntas norteadoras: (1) Em quais disciplinas você tem tido maiores dificuldades e que tipo de dificuldades? (2) Porque você tem essas dificuldades? (3) Como você acha que pode/poderia ter procedido para superar essas dificuldades? As análises dessas perguntas foram realizadas sob o prisma da TCC.

Análise de dados

Com a pergunta número (1) buscou-se investigar se os estudantes explicitam suas dificuldades de aprendizagem em alguma matéria específica e se reconhecem quais são, considerando que é necessário que compreendam suas dificuldades para conseguir superá-las (PEREIRA, 2014).

O estudante 1 relata que não teve muitas dificuldades, e que suas notas são bem acima da média. Ele descreve dificuldades na disciplina de Álgebra Linear, atribuindo-as ao professor.

Estudante 1: *Álgebra foi a que mais pesou e eu acho que foi mais por causa do professor mesmo. O jeito que ele dá aula acho que não é compatível com o jeito que eu aprendo, não que eu acho que ele seja um professor ruim, eu acho ele até um professor bom, mas acho que o jeito que ele dá aula assim não é compatível com o meu jeito de aprender. [...] E eu acho que ele dá aula como se fosse para matemático, só teoria pura, e a gente não é muito acostumado com isso. [...] O jeito que o professor fala, assim, eu acho que ele tem ansiedade, ele fala muito, muito rápido.*

A dificuldade desse estudante com a rapidez com que o professor fala e a questão de considerar que o professor “dá aula como se fosse para matemáticos” traz à superfície dois aspectos: um deles é que o estudante parece não possuir esquemas necessários para acompanhar aulas com conteúdos lógico-abstratos, apresentando dificuldades no relacionamento de informações abstratas, e o outro é que o professor não reconhece este fator, desrespeitando o ritmo de processamento de informações do estudante em sua memória de trabalho. A falha de esquemas consolidados na memória de longo prazo dificulta o processamento de novas informações na memória de trabalho, já que não haverá informações na memória de longo prazo que auxilie a memória de trabalho no processamento destas. O estudante já apresenta essas falhas e o professor falar rápido pode sobrecarregar a memória de trabalho do estudante que possui poucos esquemas, pois biologicamente a memória de trabalho já é limitada no processamento de informações. Quando a memória de trabalho não conta com auxílio de informações e esquemas contidas na memória de longo prazo, a quantidade de elementos de informação que é simultaneamente suportada pela memória de trabalho do estudante pode ser ultrapassada, causando-lhe uma sobrecarga cognitiva¹, que acarreta em dificuldades no processo de aprendizagem (RAUBER, 2016).

¹ A Carga Cognitiva é a carga imposta na memória de trabalho pela natureza do material ou pela maneira que o material é apresentado. O total dessa carga determina quantos recursos são necessários para processar uma informação na memória de trabalho, se esses recursos forem excedidos o sistema cognitivo falha e temos uma sobrecarga cognitiva (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011).

O estudante 2 não atribui suas dificuldades a disciplinas específicas; ele as confere a outros pontos que são apresentados na questão de número (2). Nesta questão, os estudantes descrevem explicitamente em quais aspectos eles têm dificuldades de aprendizagem. Procurou-se identificar a que ou a quem o estudante as atribui.

O estudante 1 acredita que os níveis de abstração necessários para conseguir compreender a disciplina de Álgebra Linear são muito altos, gerando dificuldades, e atribui tais dificuldades à sua formação anterior. Para esse estudante, o ensino médio não lhe proveu o suporte necessário para lidar com situações desta complexidade.

Estudante 1: [...] Nessa aula de Álgebra, o conteúdo é muito abstrato e eu não conseguia idealizar o que ele (o professor) estava falando. [...] É difícil imaginar a situação, é muito abstrato. [...] eu vi que eu não estava preparado, eu vim de um ensino médio bem fraco.

O estudante 2 também cita dificuldades sobre os níveis de abstração necessários para os estudos.

Estudante 2: [...] eu tenho dificuldade com abstração e no ensino médio eu não vi nada que me fizesse trabalhar nesse sentido em relação a exatas.

Todos os seres humanos com saúde e funções cognitivas preservadas desenvolvem, desde a infância, o conhecimento abstrato de forma mais simples, não necessitando de muitos esquemas. Quando os estudantes descrevem que não conseguem lidar com o conteúdo abstrato, é provável que eles estejam dizendo que têm dificuldades em lidar com os conteúdos lógico-abstratos, que exigem a existência de esquemas mais elaborados. Neste caso, os estudantes não construíram esses esquemas lógicos. Ao dizer que vêm de um ensino médio fraco, os estudantes reforçam sua falta/falha de esquemas diante da complexidade do novo tema de estudo. O nível de abstração lógico necessário só é alcançado quando o aprendiz dispõe de mais conhecimento a respeito do tema a ser estudado. Isso ocorre porque o processo de aprendizagem não se dá de modo desvinculado. Receber informação, codificá-la e processá-la na memória de trabalho, automatizá-la na memória de longo prazo e organizar esquemas nessa memória, de modo a facilitar o aprendizado, é um mecanismo. Se existe falha em um desses processos, consequentemente haverá dificuldades no processamento de informações.

O estudante 1 ainda relata que quando ingressou no curso de Física não tinha encontrado o material instrucional adequado para estudar. Para ele os livros de estudo eram muito básicos e não forneciam as informações necessárias para que compreendesse o conteúdo. O estudante descreve que gostaria de entender o porquê das coisas e só conseguiu organizar seus estudos de maneira mais eficiente após encontrar um material instrucional específico e completo.

Estudante 1: Quando eu comecei a estudar Física, eu comecei a estudar os livros, eu entendia o conteúdo de boa, mas na hora de fazer os exercícios meio que travava. **Eu não conseguia expor aquilo que eu li e fazer os exercícios.** Aí eu ficava lendo os livros e não entendia, aí eu mudava de livro para ver se o outro era diferente e chegou em um ponto que eu pensei: **Eu não consigo entender Física, escolhi o curso errado.** Mas eu fui mudando de livro, até que eu peguei um livro, [...], é o livro do Moysés. Eu comecei a ler e o universo começou a fazer sentido para mim, porque **o jeito como ele começava a explicar fazia eu entender.** Os outros livros eram muito superficiais, só explicava por cima, no Halliday, por exemplo, ele falava que o momento angular se conserva, e só isso, para ele era importante você saber que se conserva, **no Moysés não era só importante você saber que ele se**

*conserva, mas porque ele se conserva, então tem toda uma teoria por trás. E eu sou uma pessoa que para aprender **eu preciso saber o porquê daquilo estar acontecendo** e quando eu comecei a ter esse tipo de aula, me ajudou muito.*

Para esse aluno, a lógica de apresentação do conteúdo faz uma grande diferença. A dificuldade de abstração que possui, faz com que seja necessário trabalhar mais o processo de automação em sua memória de trabalho, com uma quantidade pequena de conceitos relacionados entre si e por mais vezes, em situações distintas, auxiliando a criação de esquemas na memória de longo prazo. Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) descrevem que o material instrucional para novatos deve ser detalhado e direto, para que o aprendiz possa criar e associar esquemas sem sobrecarregar a sua carga cognitiva. O material instrucional deve se adequar às capacidades cognitivas do indivíduo; se o livro escolhido pelo estudante novato é mais explicativo, ele será capaz de processar as novas informações sem ultrapassar a capacidade da memória de trabalho, que, como dito anteriormente, é limitada.

O estudante 2 acredita que o curso não é fácil e que não consegue lembrar de todas as informações necessárias no momento das avaliações. Ele relata dificuldades para relacionar os conteúdos e compreender aqueles que são abstratos.

***Estudante 2:** Uma coisa ou outra na hora de fazer prova que **você acaba esquecendo**. [...] Em Física 1, algumas coisas eu demorei para pegar, conceito, para relacionar com as coisas que o professor passa em sala. **É uma dificuldade de relacionar uma coisa com a outra**, porque na hora de resolver problema alguns são tranquilos. [...] Mas, **quando junta conceito acaba misturando todas aquelas coisas na cabeça**. [...] Em cálculo 1 tem **muita coisa teórica, muita coisa abstrata** e que está acabando de sair do ensino médio não vê nada disso. **No ensino médio a gente não vê nada em matemática e nem em Física**. O meu ensino médio foi todo de resoluções e aplicações. Nada de teoria, abstração. Essa parte foi mais complicada de assimilar.*

Assim como o estudante 1, o estudante 2 não possui esquemas ou não os construiu com qualidade para auxiliar o processamento de novas informações, por isso elas são perdidas e o aluno não consegue relacionar os conteúdos. Pode-se perder o que foi aprendido se a informação que estava contida na memória de trabalho não fizer nenhum vínculo com a memória de longo prazo (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011).

Pensando nessas dificuldades, verificamos com a questão (3) como os estudantes as superam e, através disto, tentamos compreender que tipo de procedimentos eles realizam para processar melhor as informações.

***Estudante 1:** Para superar minhas dificuldades **eu estudo sozinho**. [...] Uma coisa que eu faço, é assim, eu não consigo só ler o texto e entender. **Eu preciso realmente escrever o que está ali no texto e se eu não fizer isso eu não consigo entender**. Então eu faço isso, vou lendo o texto e vou transcrevendo o que eu estou lendo ali. Na verdade eu leio, dou uma lida e **tento ir fazendo um resumo**, essas coisas. Os exercícios resolvidos do livro eu sempre tento resolver sozinho antes, essas coisas. Faço os exercícios do livro também.*

Estudante 2:** Eu estou estudando bastante a partir do livro [...] **antes eu estudava só as listas, fazia os exercícios, estudava a partir do caderno**, o que o professor passava em sala. Mas, faltava algumas coisas, por isso eu comecei a estudar a partir do livro. [...] **Aí, para estudar com o livro eu leio, alguns capítulos muito grandes eu estudo por partes, por algumas

seções. Eu leio, depois eu fecho o livro, *faço um resumo, volto e vejo o que esqueci e faço de novo*, vou fazendo assim.

Tanto o estudante 1 como o 2 explicaram que o processo de superação de suas dificuldades consiste em estudar o conteúdo de cada disciplina. Eles descreveram então seus métodos de estudos: estudam sozinhos, por meio do livro didático, constroem resumos do conteúdo, e fazem também os exercícios resolvidos do livro e listas elaboradas pelo professor. O ponto que difere entre os métodos de estudo dos alunos é o fato de que o estudante 1 gosta de estudar os conceitos do ensino médio que ele acredita ter perdido e o estudante 2 gosta de separar grandes conteúdos em seções, além de deduzir fórmulas.

O estudante 2 conta que começou a buscar métodos de estudo por não conseguir alcançar seus objetivos. Antes ele fazia apenas listas de exercícios e lia as notas de aulas. Este procedimento de estudo era incorreto para prover um bom conhecimento conceitual, sua estratégia de estudo não era adequada para formação de esquemas, pois trabalhava com resolução de problemas sem se preocupar, inicialmente, em ter os conhecimentos relevantes para se resolver o problema. Nessa busca por novos métodos, o estudante 2 constatou a importância de usar vários materiais complementares de estudo. Esses materiais podem ser processados simultaneamente na memória de trabalho e depois armazenados como um único esquema na memória de longo prazo. Como descrito pelo estudante 2, apenas resolver exercícios por lista não é ideal para um aprendiz novato, já que ele ainda não possui todos os esquemas necessários.

O hábito de estudar criando resumos pode ser uma maneira encontrada pelos estudantes para automatizar os processos que estão sendo estudados, resultando no armazenamento da informação na memória de longo prazo. Já a prática de estudar exercícios resolvidos, aqueles que mostram a solução passo a passo do problema, segundo Sweller, Ayres e Kalyuga (2011), é uma forma de criar esquemas de resolução de problemas, os quais são armazenados na memória de longo prazo, ajudando a resolver outros problemas que sejam relacionados a esses exemplos. Segundo os autores, é um bom método de estudo para novatos. O estudante 2, por exemplo, ao dizer que separa os conteúdos em seções mostra que procura minimizar, inconscientemente, sua carga cognitiva. E, quando o estudante 1 relata que procura estudar os conteúdos do ensino médio, constata-se a preocupação em criar esquemas de melhor qualidade para lidar com os novos conteúdos.

Os estudantes não demonstraram buscar aprender por meio de situações auditivas, como vídeos ou mesmo a partir da fala do professor em sala de aula, mostrando uma predominância apenas do canal visual. Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) descrevem que a memória de trabalho tem vários processadores incorporados a ela, sendo dois deles os canais visuais e auditivos. As informações visuais e auditivas são processadas de forma parcialmente independentes, portanto, a carga cognitiva sobre o canal visual será menor se o canal auditivo também for utilizado. Nesse caso, a carga será dividida entre os processadores. Essa sobrecarga cognitiva pode ser um dos aspectos que contribuem para dificultar a aprendizagem.

Considerações finais

A realização desta pesquisa permitiu verificar que os estudantes de Física não têm esquemas e/ou não os construíram com qualidade para acompanhar conteúdos lógico abstratos, e a falta de automação das informações e esquemas dificultam fazer

relações entre os conteúdos e/ou lembrar do que foi estudado. Tal fato aponta para estudantes que ainda não possuem esquemas o suficiente na memória de longo prazo para processar as novas informações. Os próprios relatos dos estudantes deixam claro essas afirmações e a TCC contribui para compreender essas dificuldades. Apesar disso, vemos os estudantes buscando adaptar seus métodos de estudo para sanar suas dificuldades, e muito do que eles fazem está de acordo com o que a TCC sugere para estudantes novatos.

Alguns métodos de estudos escolhidos por esses alunos podem ser um empecilho na superação de suas dificuldades, como a sobrecarga que produzem no canal visual, em detrimento do canal auditivo, e a tentativa de “pular etapas”, resolvendo problemas sem antes procurar criar esquemas qualitativos que ajudem na solução. Entretanto, outros procedimentos citados pelos estudantes podem ajudar a superar suas dificuldades, de acordo com os efeitos da TCC. Os sujeitos descrevem sobre a escolha de materiais instrucionais mais adequados às suas capacidades cognitivas, sendo eles mais diretos e explicativos. Estudam utilizando construção de resumos, que os ajudam a automatizar informações e esquemas na memória de longo prazo. Também optaram por estudar problemas resolvidos que contribuem para criar esquemas de resolução de exercícios. Isso traz indícios de que os estudantes têm ciência de alguns aspectos que podem ajudar na superação de suas dificuldades.

Referências

- CONSEZA, R. M.; GUERRA, L. B. Neurociência e Educação: Como o Cérebro Aprende. Porto Alegre: Artmed, 2011. 151 p.
- PEREIRA, M. M. Memória Mediada na Aprendizagem de Física: problematizando a afirmação "Não me lembro de nada das aulas do ano passado!". 2014. 363 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- PEREIRA, M. M.; ABIB, M. L. V. S. Por que não aprendi?: A Metacognição e a Afetividade na Aprendizagem de Física. In: XV ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Maresias, Anais... São Paulo: SBF, 2014.
- RAUBER, M. F. Sistema Tutor Inteligente Aplicado ao Ensino de Ciências: Uma Proposta de Arquitetura. 2016. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. Cognitive Load Theory. New York, NY: Springer, 2011.
- TIMBONI, K. S. Elaboração de uma unidade de aprendizagem sobre relatividade geral para o ensino de física no primeiro ano do ensino médio. 2016. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. Bookman editora, 2010.