

**Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Educação
Programa de Pós-Graduação em Educação**

MARYELLY DA SILVA FARIA

Dificuldade de Aprendizagem em Física à Luz da Teoria da Carga Cognitiva

**UBERLÂNDIA
2019**

MARYELLY DA SILVA FARIA

Dificuldade de Aprendizagem em Física à Luz da Teoria da Carga Cognitiva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, na linha de Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do título de mestre em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Kojoy Takahashi

UBERLÂNDIA
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

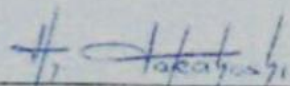
F224d Faria, Maryelly da Silva, 1993-
2019 Dificuldade de aprendizagem em física à Luz da teoria da carga
cognitiva [recurso eletrônico] / Maryelly da Silva Faria. - 2019.

Orientador: Eduardo Kojy Takahashi.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Educação.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.931>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

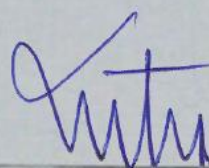
1. Educação. 2. Física - Aprendizagem. 3. Física - Estudo e ensino.
4. Capacidade de aprendizagem - Física. I. Takahashi, Eduardo Kojy,
1956-, (Orient.) II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de
Pós-Graduação em Educação. III. Título.

CDU: 37

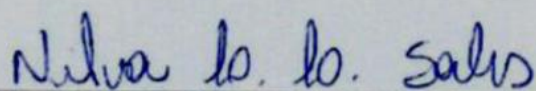
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Eduardo Kojoy Takahashi
Universidade Federal de Uberlândia - UFU



Prof. Dr. Sandro Rogério Vargas Ustra
Universidade Federal de Uberlândia - UFU



Profa. Dra. Nilva Lúcia Lombardi Salis
Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFMT

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Lucas e meus amados gatinhos, que me acompanharam e me apoiaram nesse período de muita mudança e aprendizado; à minha família (cada vez maior), por sempre acreditar que eu sou capaz de realizar qualquer coisa; e às minhas irmãs de coração, Luana e Thayná, pela amizade e pelo carinho que muitas vezes me tirou do desespero.

Agradeço imensamente aos meus companheiros de trabalho e aventuras, meus amigos, Priscila, Matheus, Hermes e Dayane. Seria triste sem vocês! Este trabalho tem um pouquinho de cada um, e eu também.

Um agradecimento especial à Priscila que me orientou quanto às leituras do referencial teórico deste trabalho.

Ao grupo de pesquisa, NUTEC, não só pelas reuniões para troca de ideias e pelo aprendizado, mas também pelo café.

Natália, Ana Paula, Flávia e Leandro, obrigada pelas ideias pertinentes, inteligentes e desafiadoras.

Sou grata às Professoras Elenita Pinheiro e Romana Valente pelas disciplinas ministradas e pelo papel que tiveram na minha formação. O amor que vocês têm pelo que fazem é contagiante.

Jamais poderia deixar de agradecer em quem acreditou nas minhas ideias, me inseriu em um grupo de pesquisa maravilhoso e fez com que eu adquirisse algumas rugas e cabelos brancos: meu orientador, Eduardo Takahashi. Obrigada pela orientação, pelo apoio, pelas perguntas capciosas (mais da metade ainda não respondidas) e por se preocupar com a minha formação como pesquisadora.

Agradeço à CAPES, pelo pão nosso de cada dia.

Até mais, e obrigada pelos peixes!

RESUMO

Relatos sobre dificuldades de aprendizagem em Física, principalmente relacionadas a conceitos específicos e que exigem um alto grau de abstração, são comuns. Por isso é importante compreender as perspectivas de dificuldades de aprendizagem dos aprendizes, como eles pensam e encaram o processo de aprendizagem, tornando possível conhecer como progridem, e isto pode fornecer informações para auxiliar o processo de elaboração instrucional do professor. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi investigar as percepções dos aprendizes de um curso de licenciatura em Física sobre as suas dificuldades nas disciplinas e como essas dificuldades têm sido trabalhadas pelos mesmos. Evidenciaram-se as concepções de dificuldades de aprendizagem, em geral, por meio de uma revisão da literatura sobre a temática e, em específico, foi apresentado um panorama das pesquisas sobre dificuldades de aprendizagem em Física. O referencial teórico é articulado por dois estudos, um deles é a Teoria da Carga Cognitiva, que apresenta um modelo de compreensão sobre os princípios de funcionamento da mente humana, de acordo com a arquitetura cognitiva humana; o outro é a Metacognição, que apresenta o conhecimento que o aprendiz tem sobre o seu aprendizado. A pesquisa foi realizada com aprendizes do segundo, quarto, sexto e oitavo períodos de um curso de Licenciatura em Física de uma Universidade Federal, e é de cunho qualitativo. Os dados foram coletados por meio de uma entrevista semiestruturada com os aprendizes e suas percepções foram analisadas pelos princípios da Teoria da Carga Cognitiva. Foi verificado em que aspectos suas perspectivas se aproximam ou se distanciam do que é apresentado pelas pesquisas em Ensino de Física relativas a temática e, também, se apresentam conhecimento metacognitivo. Da análise se percebeu que todas as pessoas, em algum momento de suas vidas, sentem dificuldades de aprendizagem. Considerando isto, se concluiu que os aprendizes não conseguem demonstrar explicitamente quais são suas dificuldades de aprendizagem, e em seus discursos esta inferência aparenta advir do contexto social em que estão inseridos, no qual dificuldade é sinônimo de insucesso e/ou fracasso. Ainda assim, é possível ver indícios de que o nível de experiência dos aprendizes participantes desta pesquisa pouco é considerado no processo de ensino e aprendizagem, já que se exige deles, antes que tenham o nível de experiência necessária, alguns conhecimentos de alto nível de complexidade. Apesar disto, em um processo metacognitivo primário, os aprendizes demonstraram ter conhecimentos sobre quais estratégias podem ou não facilitar suas aprendizagens.

Palavras-chave: Aprendizagem de Física, Formação Inicial, Teoria da Carga Cognitiva, Dificuldades de Aprendizagem.

ABSTRACT

Reports on learning difficulties in Physics, mainly related to specific concepts and requiring a high degree of abstraction, are common. Therefore, it is important to understand the perspectives of learning difficulties of the learners, how they think and face the learning process, making it possible to know how to progress, and this can provide information to assist the instructional process of the teacher. Therefore, the objective of this research was to investigate the perceptions of the apprentices of a licenciatura course in Physics about their difficulties in the disciplines and how these difficulties have been worked by them. The conceptions of learning difficulties were evidenced, in general, by means of a review of the literature on the subject and, in particular, an overview of research on learning difficulties in Physics was presented. The theoretical framework is articulated by two studies, one of them is Cognitive Load Theory, which presents an understanding model on the principles of human mind functioning, according to the human cognitive architecture; the other is Metacognition, which presents the learner's knowledge about his/her learning. The research was carried out with apprentices of the second, fourth, sixth and eighth periods of a bachelor's degree in Physics of a Federal University, and is qualitative. Data were collected through a semi-structured interview with apprentices and their perceptions were analyzed by the principles of Cognitive Load Theory. It was verified in which aspects their perspectives approach or distance themselves from what is presented by the researches in Physics Teaching related to the thematic and, also, if they present metacognitive knowledge. From the analysis, it was noticed that all people, at some point in their lives, experience learning difficulties. Considering this, it was concluded that the learners cannot demonstrate explicitly what their learning difficulties are, and in their discourses this inference seems to come from the social context in which they are inserted, in which difficulty is synonymous with failure. Nevertheless, it is possible to see indications that the level of experience of the apprentices participating in this research is little considered in the teaching and learning process, since it requires them, before they have the necessary level of experience, some knowledge of high level of complexity. Despite this, in a primary metacognitive process, the learners shown evidences that they had knowledge about what strategies might or might not facilitate their learning.

Keywords: Learning Physics, Initial Formation, Cognitive Load Theory, Learning difficulties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa mental sobre o desenvolvimento das concepções de dificuldades de aprendizagem.....	17
Figura 2: Mapa mental das publicações sobre dificuldades de aprendizagem em Física....	25
Figura 3: Carga Cognitiva e sua relação com a memória de trabalho	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Revistas em Educação/ Ensino de Ciências/Física classificadas com Qualis A1 a B3.....	51
Quadro 2: Número de artigos encontrados em cada revista com a temática desse estudo.	53
Quadro 3: Relação das temáticas dos artigos sobre Dificuldades de Aprendizagem e quantidade de artigos de cada uma delas.....	53
Quadro 4: Questões norteadoras da entrevista.....	57
Quadro 5: Relação de dificuldades apontadas pelos aprendizes.	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM	14
2.1 Dificuldade ou Transtorno?	14
2.2 Concepções de dificuldades de aprendizagem	16
2.3 Trabalhos Correlatos sobre a Dificuldade de Aprendizagem em Física	24
3 TEORIA DA CARGA COGNITIVA E METACOGNIÇÃO	31
3.1 Teoria da Carga Cognitiva	32
3.1.1 Princípios	36
3.1.2 Efeitos	42
3.2 Metacognição	45
4 PERCURSO METODOLÓGICO	48
4.1 Da Pesquisa	48
4.2 Da Revisão Bibliográfica	51
4.3 Dos Participantes da Pesquisa	54
4.4 Da entrevista	56
4.5 Da Validação das perguntas Norteadoras	58
4.6 Categorias para a análise	63
5 RESULTADOS E ANÁLISES	65
5.1 Reconhecimento das dificuldades de aprendizagem	65
5.2 Dificuldades de aprendizagem em Física	68
5.3 Cognição	74
5.4 Conhecimento metacognitivo	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS	88
APÊNDICES	94
APÊNDICE A - Relação De Artigos Encontrados Sobre Dificuldades De Aprendizagem Em Física	94
APÊNDICE B – Trabalhos Correlatos Sobre A Dificuldade De Aprendizagem Em Física	98
APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	116
APÊNDICE D - Validação de Questionário para Pesquisa	118

1 INTRODUÇÃO

Se me perguntarem a razão de ter decidido ser professora, não tenho uma boa resposta. Posso dizer apenas que sempre admirei o trabalho dos meus professores e sentia vontade de fazer o que eles faziam. Sempre me pareceu bonito ensinar e ajudar as pessoas a ser o que elas quisessem.

Por outro lado, o que me atraiu na Física foi que, dentre todas as outras disciplinas que me foram apresentadas, ela era a que mais me impunha desafios, não era monótona e eu gostava disso. Sempre cultivei uma dúvida entre seguir a área de Física ou a de Letras, mas optei por Física porque eu gostava dela no geral e, no caso da Letras, me interessavam apenas os estudos literários.

Durante a minha graduação, existiram momentos de grandes dificuldades e, em razão de não conseguir superá-las a contento, tive um desempenho mediano no curso. Demorei a descobrir como aprender e como administrar o meu tempo. Sempre tive dificuldade, muitas vezes relacionada à falta de entendimento de que eu deveria retornar um pouco para o reestudo da matéria, antes de tentar ir adiante, e isso me atrapalhou bastante.

Minha dificuldade inicial em relação ao conteúdo das disciplinas foi compreender a linguagem matemática, que era muito diferente daquela com a qual tive contato na educação básica. Depois, foram os problemas para compreender conteúdos que exigiam uma maior capacidade de abstração e, por fim, deparei-me com a Teoria da Relatividade, que, confesso, ainda é uma dificuldade não superada.

No início do curso eu buscava resolver listas de exercício para me preparar para as provas, entretanto, esse procedimento não funcionava, pois fazer uma coisa sem consciência do que está sendo feito, de forma mecânica, não ajuda na compreensão do conteúdo.

Então, diante de alguns fracassos, resolvi adotar a estratégia de estudar o conteúdo das matérias ao longo do semestre e não apenas nos momentos que precediam as provas; procurar compreender o que eu estava fazendo, retomando estudos em conteúdos anteriores se fosse preciso e buscar por ajuda de colegas ou professores quando não conseguia "captar a mensagem" sozinha. A superação

das dificuldades aconteceu entre o meu processo de aquisição de experiência e adaptação.

Acredito que a minha predisposição para superar as dificuldades me permitiu aprender mais o conteúdo de Física, porque chegou um momento em que eu considerei que era mais importante aprender, de fato, e não simplesmente saber resolver uma lista, aplicando fórmulas matemáticas que sequer me faziam algum sentido naquele momento. Percebi que, do contrário, iria perpetuar minhas dificuldades e não superá-las. A partir de então, eu preferia correr o risco de uma reprovação, do que ser aprovada e continuar sem entender nada da matéria.

No curso de Física é comum a conversa entre os estudantes e a preocupação relacionadas às dificuldades de aprendizagem e os discursos relativos ao tema também estão presentes nas falas dos professores.

Desta forma, desde que entrei na graduação o tema das dificuldades de aprendizagem se fez mais presente no meu cotidiano do que durante o ensino médio, e vi colegas que, ao passar por situações de grandes dificuldades, desistiram de continuar o curso, o que sempre me incomodou. Assim, ao pensar em ingressar no programa de pós-graduação em Educação, me interessou explorar essa problemática, ao sentir que as discussões existentes ainda exploravam pouco essa questão a partir da perspectiva do estudante da graduação. Considero que o contexto apresentado se tornou motivador para o desenvolvimento deste trabalho.

Nesta pesquisa foi adotada a perspectiva de que a aprendizagem é um processo de mudança da estrutura cognitiva, seja por meio de informações qualitativas ou quantitativas e, por isso, a dificuldade de aprendizagem foi considerada apenas como uma alteração nesse processo, como algo transitório e que faz parte do processo de aprendizagem, ou seja, em algum momento qualquer aprendiz sentirá dificuldades para aprender.

Na literatura referente a dificuldades de aprendizagem não é apresentado um consenso em relação à definição do termo. Existe uma segmentação em vários aspectos, como os orgânicos, as relações sociais e culturais, questões emocionais, motivacionais etc. (MAZER; DAL BELO; BAZON, 2009). Isso porque a temática é complexa e não cabe defini-la em apenas uma perspectiva. Este aspecto é apresentado para que se entenda que apenas um viés foi abordado nesta

pesquisa, mas não é a única vertente a ser olhada quando se fala de dificuldades de aprendizagem.

No ensino de Física são comuns relatos sobre dificuldades em conceitos específicos e de alto grau de abstração (RAUBER, 2016). Por isso, se torna importante compreender o que os aprendizes pensam, como encaram seu processo de aprendizagem e quais são as dificuldades que encontram nesse momento. Sem essa perspectiva o processo que o professor faz de elaboração instrucional pode se tornar obsoleto, devido à falta conhecimento sobre como seus aprendizes progredem (PEREIRA, 2014).

As diferentes percepções dentro de todo o contexto educacional sobre aprendizagem, dificuldades de aprendizagem, avaliação, o que é ser bom professor ou bom aluno, quando se mantêm ocultas, podem ter como consequência uma falta de progressão (GONÇALVES, 2002). Apresentar a percepção do aprendiz sobre suas dificuldades de aprendizagem e qual é a sua capacidade para superá-las pode criar um contexto de mudanças, pelo menos no que diz respeito às relações que acontecem dentro da sala de aula. Dialogar com os aprendizes sobre como buscam superar suas dificuldades é uma forma de identificar se eles compreendem suas capacidades metacognitivas e de auto regulação, ou seja, se identificam os melhores métodos e estratégias de estudo, se refletem sobre a própria aprendizagem, se sabem remediar suas dificuldades adequando seu conhecimento metacognitivo para contornar a situação.

Considerar as percepções de dificuldade de aprendizagem dos aprendizes é uma forma de buscar um contexto que explique porque alguns procedimentos instrucionais funcionam ou não, e a compreensão do que é apontado pelos aprendizes sobre suas dificuldades possibilita pensar em melhores estratégias didáticas, que respeitem a capacidade cognitiva do aprendiz e levem em consideração a arquitetura cognitiva da pessoa. Sem compreender a percepção de dificuldades de aprendizagem dos aprendizes, pensar em estratégias e criar novos métodos pode ser um palpite a esmo.

Numa tentativa de compreender as percepções sobre tais dificuldades realizou-se entrevistas com os mesmos e, com a preocupação de entender quais condições podem desfavorecer o aprendizado, foi utilizado para analisar essas

percepções a Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011). Essa teoria discute os mecanismos de funcionamento da cognição humana, apontando quais as condições mais favoráveis ao aprendizado.

Nesse sentido, nossa pesquisa foi guiada pela busca da resposta à seguinte pergunta: quais são as percepções de aprendizes sobre suas dificuldades de aprendizagem nas disciplinas de um curso de licenciatura em Física e como essas dificuldades têm sido trabalhadas por eles?

Com o objetivo de buscar respostas para essa pergunta de pesquisa, elencamos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as concepções relativas a dificuldades de aprendizagem e dificuldades de aprendizagem em Física, segundo pesquisadores em Ensino de Física, Educação, Psicologia Educacional e Neurociência;
- Evidenciar as concepções relativas à aprendizagem, de acordo com o modelo de arquitetura cognitiva apresentado na Teoria da Carga Cognitiva e as potencialidades da Metacognição;
- Sistematizar e compreender como os aprendizes percebem as suas dificuldades e o que tentam fazer para superá-las.

Os norteadores teóricos adotados nesta pesquisa permitiram compreender quais são as concepções de dificuldades de aprendizagem que existem na literatura voltada à pesquisa educacional e qual seria aquela adotada como norteadora para o desenvolvimento do trabalho. Apresenta, também, as dificuldades de aprendizagem específicas da área de Física que são apontadas nas pesquisas, como uma forma de compreender as discussões realizadas dentro deste campo.

Este diálogo realizado em torno da temática de dificuldades de aprendizagem em Física é articulado com dois campos de estudo. O primeiro deles é a Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011), que apresenta um modelo de compreensão de como as informações são processadas na mente de uma pessoa, de acordo com a arquitetura cognitiva humana e seus princípios de funcionamento, indicando também efeitos que apontam estratégias para a

elaboração de materiais instrucionais que não sobrecarreguem a memória de trabalho do aprendiz.

O outro campo de estudo diz respeito ao conhecimento metacognitivo, que se refere aos conhecimentos que foram acumulados ao longo da vida do aprendiz e armazenados na sua memória de longo prazo. De acordo com Flavell, Miller e Miller (1999), esses conhecimentos são gradualmente adquiridos até que o aprendiz se especialize em um domínio específico. O conhecimento metacognitivo permite que o aprendiz identifique o que ele já aprendeu ou não e como elaborar estratégias para melhorar a sua aprendizagem, ou seja, como monitorar e autorregular o conhecimento sobre a própria aprendizagem.

Esses estudos auxiliam a articular teoricamente as percepções de dificuldades de aprendizagem dos aprendizes de Licenciatura em Física, pois um permite compreender o conhecimento metacognitivo que os aprendizes possuem sobre si e o outro se as suas arquiteturas cognitivas são respeitadas no contexto do processo de ensino e aprendizagem em que estão inseridos.

As concepções de dificuldades de aprendizagem e dificuldades de aprendizagem em Física estarão na seção 2. Os norteadores teóricos utilizados para compreender as percepções dos aprendizes estarão descritos na seção 3, sendo eles: a Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER; AYRES, KALYUGA, 2011) e a Metacognição (FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999). Todas as considerações sobre como a pesquisa foi desenvolvida serão apresentadas na seção 4. Na seção 5 será apontada a compreensão sobre a percepção dos aprendizes, e na seção 6 as considerações sobre os aspectos levantados em relação à percepção de dificuldades de aprendizagem dos aprendizes serão apresentadas.

2 DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM

“Não é que eu goste de complicar as coisas, elas é que gostam de ser complicadas comigo”

Lewis Carroll

Analisaram-se as concepções do termo dificuldades de aprendizagem presentes na literatura como forma compreender qual delas nortearia esta pesquisa. A partir destas análises, foi descartado, na subseção 2.1, todos os aspectos que envolvem dificuldade de aprendizagem como disfunção do sistema nervoso central e que precisa de acompanhamento médico.

Para compreender como foi construída teoricamente as concepções em torno da temática, esboçou-se um breve vislumbre histórico sobre as concepções de dificuldades de aprendizagem na subseção 2.2.

Após, foi realizado um levantamento sobre como as dificuldades de aprendizagem são discutidas no âmbito da pesquisa em Ensino de Física, que estão apresentados na subseção 2.3, com o objetivo de compreender como as pesquisas sobre dificuldades de aprendizagem em Física podem contribuir na compreensão da perspectiva dos aprendizes participantes desta pesquisa.

2.1 Dificuldade ou Transtorno?

Existe muita controvérsia quanto à definição do conceito de dificuldades de aprendizagem. Historicamente, foram-lhe atribuídos diferentes significados. Os termos como problemas de aprendizagem, distúrbios e transtornos de aprendizagem são utilizados como sinônimos para dificuldades de aprendizagem, o que faz com que seja ainda mais difícil achar uma concepção consensual sobre sua definição (FONSECA, 2014).

As concepções das dificuldades de aprendizagem que mais aparecem na literatura são: a) como um sinônimo de problema de aprendizagem, no qual as dificuldades são consideradas passageiras; b) como aspectos orgânicos, em que as dificuldades de aprendizagem estão relacionadas a disfunções no sistema nervoso central e, c) como aspectos da vida cultural e social do aprendiz, em que o desenvolvimento das interações e relações do aprendiz com seu meio sociocultural podem desencadear dificuldades de aprendizagem.

Algumas concepções excluem totalmente os aspectos orgânicos, considerando que todos os aprendizes sentem dificuldades de aprendizagem, moldadas pelas histórias e vivências socioculturais diferentes. Outras usam os termos dificuldades de aprendizagem, transtorno e problemas como sinônimos, caracterizando essas dificuldades como qualquer obstáculo que o aprendiz encontre e que faça com que ele não consiga acompanhar o ritmo de pessoas que estão na mesma turma que ele; dessa forma, o enfoque é colocado nas questões pedagógicas especializadas, que devem considerar que cada indivíduo é único e com necessidades distintas (FONSECA, 2014).

Embora as dificuldades de aprendizagem sejam caracterizadas universalmente como um “funcionamento abaixo do esperado” (COUTO, 2016), quando elas são denominadas transtornos de aprendizagem, elas representam uma disfunção do sistema nervoso central, e nesse caso o aprendiz conviverá com essas dificuldades, precisando de acompanhamento constante com profissionais habilitados; por outro lado, quando essas dificuldades são denominadas problemas de aprendizagem, elas são consideradas como algo passageiro, momentâneo (COUTO, 2016).

O uso dos termos transtorno e distúrbio de aprendizagem relacionam as dificuldades do aprendiz apenas aos aspectos intrínsecos do seu processo de aprendizagem, enquanto o termo dificuldades de aprendizagem engloba os fatores intrínsecos e extrínsecos à aprendizagem do aprendiz, considerando o sujeito e o meio. Assim, a dificuldade de aprendizagem é uma consequência das relações com todo o sistema escolar e de ensino, o meio social e o processo de organização de seus esquemas mentais. Muitas vezes as dificuldades relacionam-se a conteúdos específicos e podem ser consideradas momentâneas, já que em alguma etapa da aprendizagem essas dificuldades são superadas (FONSECA, 2014).

Este trabalho discute dificuldades de aprendizagem sob a concepção de uma falha do processo de ensino-aprendizagem, em que o aprendiz possui todas as suas funções neurobiológicas intactas, descartando-se, portanto, as discussões que englobam os transtornos ou distúrbios de aprendizagem que necessitam de acompanhamento médico e/ou medicamentoso.

2.2 Concepções de dificuldades de aprendizagem

Nessa seção, apresentaremos o desenvolvimento das concepções de dificuldades de aprendizagem, que está sintetizado no mapa mental da Figura 1 e será detalhado a seguir.

Figura 1: Mapa mental sobre o desenvolvimento das concepções de dificuldades de aprendizagem

coggle
made for free at coggle.it



Fonte: própria autora.

O precursor do termo dificuldades de aprendizagem (em inglês Learning Disabilities) foi o psicólogo Samuel Kirk, em 1962. Kirk denominava como dificuldade de aprendizagem qualquer processo em que o aprendiz mostrasse atraso ou não tivesse bons rendimentos acadêmicos. A causa de tal dificuldade era apontada como disfunção cerebral, emocional e/ou de conduta (WITTER, 1999). Kirk foi o primeiro a associar dificuldade de aprendizagem aos problemas escolares, dando ênfase à abordagem psicoeducacional (SERAFIN; PEREIRA, 2015).

Na mesma época, definições como deficiências psicomotoras ou perturbações de origem biológica eram atribuídas às dificuldades de aprendizagem. Como consenso internacional, a definição do National Joint Committee on Learning Disabilities (NJCLD), surgido em 1975 nos Estados Unidos, para o termo dificuldade de aprendizagem é relacionada a fatores intrínsecos ao aprendiz, ou seja, qualquer falha na habilidade de fala, audição, processos de leitura, escrita e raciocínio lógico-matemático, em que a causa seja atribuída a disfunções cerebrais. Questões relacionadas a fatores extrínsecos ao sujeito não entrariam nas discussões sobre dificuldades de aprendizagem (NASCIMENTO, 2013).

Na perspectiva médica psicológica outras duas organizações definem o que vem a significar dificuldades de aprendizagem nas seguintes publicações: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM), da American Psychiatric Association (APA), e a International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (CID), da Organização Mundial da Saúde (OMS). A DSM não traz de forma clara a definição que atribui ao termo dificuldades de aprendizagem, mas caracteriza várias disfunções que podem ocorrer quando se tem dificuldades de aprendizagem, como transtornos na leitura, expressão escrita, matemática ou qualquer outro transtorno de aprendizagem.

A CID compreende que dificuldades de aprendizagem são transtornos específicos que afetam o desenvolvimento do aprendiz na escola, mas, de forma diferente da DSM e NJCLD, não considera as dificuldades de aprendizagem como sendo uma disfunção do sistema nervoso central (SILVA, 2014).

A falta de uma concepção sobre o que vem a ser dificuldades de aprendizagem gera confusão e dúvidas (SILVA, 2014). Gonçalves (2002) pontua que existem pesquisas que apontam para a inexistência das dificuldades de aprendizagem como categoria, por não existir um consenso, uma sistematização dos estudos. Mesmo as organizações internacionais não ressaltam uma definição clara do que vem a significar esse termo.

Desde meados do século XIX discute-se sobre as dificuldades de aprendizagem, de forma menos sistematizada e puramente médica; apenas na década de 1960 as concepções sobre o que viria a ser dificuldade de aprendizagem, no contexto da pesquisa educacional, foram sendo estabelecidas por diversos profissionais, como pesquisadores da área da educação, psicólogos, psiquiatras e neurologistas, contribuindo para o avanço dos estudos na temática.

Os pesquisadores em educação sempre buscam apresentar novas práticas, apontar aspectos relevantes sobre a organização escolar e curricular, formação de professores, e como aspectos históricos e sociais influenciam na aprendizagem. Psicólogos trabalham fortemente as teorias de aprendizagem. Psiquiatras e Neurologistas estudam todo o sistema cerebral sobre como aprendemos, como nossa estrutura biológica e disfunções do sistema nervoso central influenciam na aprendizagem etc. Por esses fatores, quando se fala em dificuldade de aprendizagem, temos uma grande gama de informações e concepções sobre o tema, com perspectivas diferentes (NASCIMENTO, 2013).

Para Gonçalves (2002), inicialmente se desenvolviam pesquisas numa perspectiva médica. Essas pesquisas foram progredindo em pesquisas da área da psicologia e educação. Esses processos não devem ser encarados separadamente, e sim como uma linha contínua.

Quando a discussão sobre dificuldades de aprendizagem foi colocada em pauta pelos profissionais da área médica, ocorreu uma predominância nas explicações médicas com administração medicamentosa para aquelas pessoas consideradas com dificuldades de aprendizagem. Neste período, que teve início em 1930, foram implementados instrumentos de avaliação e intervenção, assim como programas específicos para identificar dificuldades. Apenas em 1960 as discussões

se ampliaram e o número de profissionais interessados na área aumentou, colocando em pauta como a formação dos professores poderia contribuir para a aprendizagem. Nestes períodos as pesquisas eram voltadas apenas para crianças em idade escolar. Só após 1960 começa a aflorar a preocupação com os aprendizes mais velhos e, também, com aqueles que não se encontravam em fase escolar. No início dos anos 80, a colaboração entre diferentes profissionais marca uma nova fase das pesquisas na área (NASCIMENTO, 2013).

A história do conceito de dificuldades de aprendizagem pode ser separada em três etapas: etapa da fundação, etapa de desenvolvimento do campo e a etapa contemporânea. Na etapa da fundação (1800-1963) delimitaram-se as bases teóricas; na etapa de desenvolvimento do campo (1963-1990) estabeleceram-se ideias e concepções sobre as dificuldades de aprendizagem, implementaram-se programas educativos e investiu-se na formação e qualificação dos profissionais para trabalhar com pessoas que apresentavam dificuldades de aprendizagem; já a etapa contemporânea (1991- presente) é uma continuidade da etapa anterior, mas com forte ênfase na pesquisa, métodos e intervenção psicopedagógica (COUTO, 2016).

Existem pesquisas que tratam sobre dificuldades de aprendizagem datadas em torno de 1800, mas a configuração dessas pesquisas mudou ao longo dos anos. No início, devido à influência da ótica médica, as dificuldades eram discutidas apenas culpabilizando a criança, sob a perspectiva orgânica. Aquele aprendiz que não estivesse no mesmo ritmo que sua turma era taxado como anormal e encaminhado para centros psiquiátricos (FONSECA, 2014). O termo dificuldade de aprendizagem foi utilizado pelas ciências médicas e biológicas dentro de uma concepção de anormalidade; a preocupação não era como se dava o processo escolar, mas sim em investigar o aluno submetendo-o a testes psicológicos para determinar o seu potencial de aprendizagem (COUTO, 2016).

De acordo com Fonseca (2014), dos anos 1920 aos anos 1960 os Estados Unidos e países da Europa discutiram com mais intensidade os problemas educacionais, e um dos temas de pauta eram as dificuldades de aprendizagem, na qual os aspectos orgânicos foram considerados mais fortemente. Em 1930, que se

passa a considerar não apenas a origem das dificuldades de aprendizagem com o enfoque médico, as pesquisas começam a discutir o papel da vida dos aprendizes e como isso influenciaria a aprendizagem. A história de vida começa a ser destacada e as crianças que antes eram consideradas anormais passam a ser consideradas “crianças-problema”.

O conceito dificuldade de aprendizagem foi discutido por várias correntes teóricas como a fenomenologia, o behaviorismo, as neurociências, a epistemologia genética, a psicologia genética e a psicanálise (COUTO, 2016).

Na fenomenologia as dificuldades de aprendizagem estão relacionadas às más escolhas dos aprendizes quanto às suas estratégias de aprendizagem. Então, a superação destas dificuldades ocorre quando o aprendiz consegue descobrir quais são as melhores estratégias que se adequam aos seus estudos e como ele trabalha e as aperfeiçoa durante este processo.

O behaviorismo coloca em questão o reforço e o condicionamento, indicando que as dificuldades de aprendizagem aparecem quando não ocorre uma boa memorização daquilo que está sendo estudado.

A psicologia cognitiva trabalha com os processos de tratamento da informação e a dificuldade surge quando as etapas do tratamento dessa nova informação não ocorrem da melhor maneira, por exemplo, quando ocorre falta de compreensão na instrução da tarefa.

A neurofisiologia traz a abordagem genética e epigenética, colocando em questão a interação entre o indivíduo e o ambiente, ou seja, o ambiente influencia no processo de aprendizagem.

Na abordagem construtivista a aprendizagem de conceitos inevitavelmente levará a dificuldades de aprendizagem, pois as dificuldades fazem parte do processo.

Para a psicanálise, as dificuldades de aprendizagem ocorrem nos diversos conflitos que o ser humano trava dentro de si, por exemplo, nas exigências escolares.

Sair da concepção de dificuldade de aprendizagem como uma anormalidade partiu do médico brasileiro Arthur Ramos, que estudou os problemas escolares e identificou que essas crianças não possuíam nenhuma disfunção cerebral. Para ele, os problemas causadores das dificuldades de aprendizagem eram externos, advinham da falta de compreensão dos adultos em entender aquelas dificuldades. Esta concepção foi importante para desvincular a noção de que as dificuldades de aprendizagem estão relacionadas apenas a problemas orgânicos, colocando em discussão os problemas externos ao sujeito. Mas, até a década de 1960 as explicações puramente médicas eram fortemente recorrentes nas pesquisas, assim como o uso de medicamentos em crianças com dificuldades de aprendizagem (FONSECA, 2014).

Apenas na década de 1960 os testes médicos e neurológicos começam a ser considerados como insuficientes para conseguir diferenciar aprendizes com transtorno daqueles com dificuldade de aprendizagem. Aos poucos, os que eram considerados com dificuldade ou transtorno de aprendizagem deixavam de frequentar o consultório médico e passaram a ser atendidos em escritórios de psicólogos (GONÇALVES, 2002).

Em 1963, na cidade de Chicago, aconteceram reuniões de pais discutindo sobre as dificuldades de aprendizagem dos filhos. Nesses encontros, além de pais, se encontravam alguns profissionais da área da psicologia e neurologia. Esses profissionais discutiam cientificamente os motivos dos problemas de aprendizagem, buscando criar uma corrente de apoio e prospecções voltadas mais para fatores educacionais e sociais do que para as questões de disfunção orgânica (FONSECA, 2014).

Estudos norte-americanos começaram, em 1970, a ressaltar as falhas da escola como o fator responsável pelas dificuldades de aprendizagem. Apontava-se nas pesquisas que as escolas tinham que se adaptar à história social e cultural de seus alunos, principalmente aos alunos menos favorecidos. A culpabilização do aprendiz continuava a aparecer nesses estudos, de modo implícito, pois, por esse ponto de vista apenas os aprendizes de classes sociais baixas sofriam com dificuldades de aprendizagem. Devido a isso, as escolas começaram a

demonstrar preconceito aos alunos de classes menos favorecidas (FONSECA, 2014).

Outros fatores foram incluídos nas discussões sobre dificuldades de aprendizagem na década de 80, como a estrutura curricular e a formação de professores. As pesquisas passaram a culpabilizar o professor pelas dificuldades de aprendizagem, já que é ele quem lida diretamente com os aprendizes, novamente jogando a responsabilidade em apenas um dos lados de todo o sistema escolar. (FONSECA, 2014).

Em tempos atuais, os pesquisadores, em sua maioria, classificam dificuldade de aprendizagem como tudo aquilo que se mostra como uma barreira ao processo de aprendizagem e/ou alguma tarefa que se queira realizar, considerando fatores intrínsecos e extrínsecos do aprendiz (NASCIMENTO, 2013). A dificuldade de aprendizagem pode ocorrer por diversos motivos, dentre eles a organização do ensino, o meio sociocultural em que vive e a maturação dos esquemas mentais do indivíduo (COUTO, 2016).

Para Gonçalves (2002) a dificuldade de aprendizagem está associada à mudança. Aprender é mudar, adquirir, somar novas informações, quantitativa e qualitativamente. Seguindo esta linha, as dificuldades de aprendizagem podem ser descritas como uma alteração no ritmo do processo de mudança. Para a autora, essa linha de pensamento é bastante positiva, pois apresenta as dificuldades de aprendizagem como algo transitório e que fazem parte do processo. Assim, todos os aprendizes, em algum momento do processo de aprendizagem, sentem dificuldades. Esta concepção foi adotada nesta pesquisa, tendo em vista a aprendizagem como um processo de mudanças qualitativas na estrutura cognitiva, logo, considera-se que ela se estrutura através das dificuldades e conflitos, os quais podem ser superados.

Na próxima subseção será apresentado o resultado da pesquisa bibliográfica que foi realizada sobre dificuldades de aprendizagem em Física, como uma forma de auxiliar na fundamentação teórica deste trabalho e, ainda, servir de base para encontrar aspectos que se aproximem da percepção dos aprendizes.

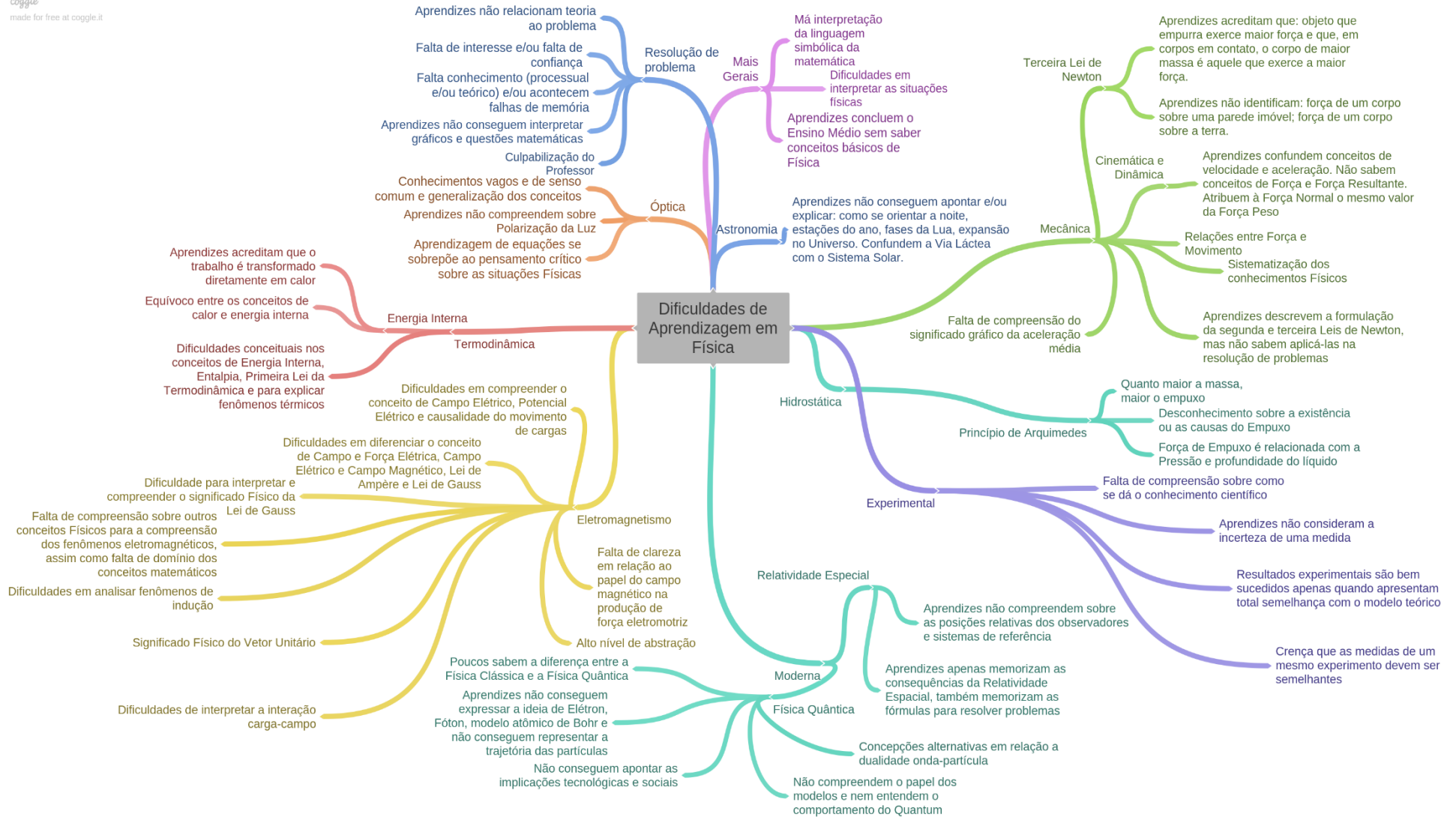
2.3 Trabalhos Correlatos sobre a Dificuldade de Aprendizagem em Física

Diante do tema escolhido, buscou-se por trabalhos em revistas Qualis A1 a B3 da área de Ensino de Física e Educação que discutissem dificuldades de aprendizagem em Física com o intuito de verificar o que vem sendo discutido nestas pesquisas. Na página 51 se encontram todas as informações sobre como a revisão bibliográfica foi realizada. Da revisão, um total de 35 revistas eram da área especificada acima (Quadro 1, página 51) e um total de 32 artigos foram analisados, sendo que destes, sete se aproximavam desta pesquisa quanto a analisar as dificuldades de aprendizagem dos aprendizes através de suas perspectivas. Esses sete trabalhos de pesquisa serão apresentados nesta subseção, os outros 25 estão disponibilizados no Apêndice B.

Nas publicações encontradas foi possível perceber dez temáticas centrais de discussão. Existem artigos que discutem dificuldades de aprendizagem em Física com um viés mais geral e aberto e outros que tratam das dificuldades em resoluções de problemas de Física, dificuldades em Física experimental, Astronomia, Mecânica, Hidrostática, Óptica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna (Quadro 3, página 53). O mapa mental apresentado na Figura 2 mostra uma sistematização da discussão realizada nos 32 artigos sobre dificuldades de aprendizagem em Física.

Figura 2: Mapa mental das publicações sobre dificuldades de aprendizagem em Física. Fonte: Própria autora.

coggle
made for free at coggle.it



Dos 32 artigos encontrados observa-se que existe uma tendência na investigação dos conteúdos específicos. Poucas publicações (TORRE; JIMÉNEZ, 1996a, 1996b; LOZANO; CARDENAS, 2002; COTIGNOLA et al., 2002; DIAS; BARLETTE; MARTINS, 2009; SANTOS; VELOSO; KALHIL, 2015; DARROZ; ROSA; PELEGRINI, 2015) tratam das dificuldades de aprendizagem a partir das percepções dos aprendizes; as outras, em geral, analisam os erros dos estudantes durante uma resolução de problema, atribuindo as causas de dificuldades de aprendizagem à forma como são construídos os materiais didáticos e ao professor.

As publicações que consideram a perspectiva dos aprendizes serão aqui apresentadas; quanto aos outros artigos, uma descrição resumida deles pode ser encontrada no Apêndice B.

Torre e Jiménez (1996a, 1996b), apresentam duas pesquisas sobre dificuldades de aprendizagem, uma relacionada a opinião de aprendizes, e a outra relacionada a opinião de professores. No artigo que discute a opinião dos aprendizes (TORRE; JIMÉNEZ, 1996a) é destacado que a maioria deles considera que os problemas de Física são mais difíceis que a teoria. Os aprendizes afirmam que não conseguem encontrar a teoria correta para resolver problemas, não compreendem a linguagem e abordagem usadas nos problemas, falta o conhecimento necessário e/ou acontecem falhas de memória, falha nos cálculos, e falta o interesse e/ou autoconfiança.

Os autores classificam os aprendizes em quatro grupos: o primeiro grupo de aprendizes é composto por aqueles que não se responsabilizam pelas suas dificuldades, exceto no cálculo; o segundo grupo atribui suas dificuldades de aprendizagem à falta de conhecimento processual; o terceiro grupo é constituído por aqueles estudantes que se assumem responsáveis por suas dificuldades, devido à sua falta de interesse, empenho e conhecimento teórico; o quarto grupo associa a culpa de suas dificuldades ao professor.

Na publicação que destaca a opinião dos professores (TORRE; JIMÉNEZ, 1996b), os autores constatam que é unanimidade entre os professores a percepção de que seus aprendizes têm dificuldade de resolver problemas. A pesquisa converge para seis fatores sobre a causa das dificuldades na resolução de problema segundo

a perspectiva dos professores: o primeiro fator diz respeito à falta de conhecimento e trabalho por parte dos aprendizes; o segundo descreve a falta de preparo do professor para abordar resolução de problemas; o terceiro fator expressa a falta de compreensão que os aprendizes têm do problema, assim como a falta de conhecimento de estratégias de resolução; o quarto fator relaciona as dificuldades dos aprendizes a problemas externos, como a falta de tempo nas aulas e conhecimentos prévios; o quinto fator aponta que as dificuldades se dão porque o aprendiz não entende as explicações dadas pelo professor ou o professor não explica adequadamente, e isso resulta nas dificuldades apontadas no fator 1; e o sexto fator relaciona a falta de conexão entre a teoria e o problema.

Tanto os aprendizes como os professores concordam que existem dificuldades relacionadas à resolução de problemas, e apontam algumas causas em comum como, por exemplo, a falta de conhecimento procedimental, estratégico e teórico (TORRE; JIMÉNEZ, 1996a, 1996b).

Darroz, Rosa e Pelegini (2015) também buscam compreender quais são os pontos de dificuldades em resolução de problemas indicados pelos aprendizes e os comparam com as dificuldades que emergem de uma prova simulada de Física com questões retiradas do o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). A pesquisa foi realizada com vinte e quatro concluintes do Ensino Médio de uma escola pública do Pará. Doze questões para a prova simulada foram retiradas de provas anteriores do ENEM e divididas em questões conceituais, de resolução matemática de problemas, de representações gráficas e de lógica; após cada questão o aprendiz deveria descrever quais foram as dificuldades encontradas para respondê-la.

Sobre as dificuldades que os aprendizes indicaram ter, grande parte descreveram sentir dificuldades para resolver as questões e que não se sentem preparados para responder problemas que envolvam conhecimentos da Física. Os principais motivos das dificuldades citadas foram, respectivamente do maior para o menor percentual de indicações, lembrar as fórmulas, interpretar as questões, deficiências matemáticas, extensão das questões, interpretar gráficos, falta de estudo dos conceitos envolvidos, não se lembrar do que estudou anteriormente, identificar qual o fenômeno envolvido na questão, e aplicar o conceito na situação contextualizada.

Após os aprendizes responderem as questões do teste simulado, as dificuldades que os pesquisadores detectaram na resolução dos problemas de Física não eram compatíveis com aquelas indicadas pelos aprendizes em questionário anterior sobre suas opiniões, já que a simulação mostra que as dificuldades foram, respectivamente do maior para o menor percentual de indicações, interpretar gráficos, resolução de questões conceituais, resolução de problemas que envolviam matemática e questões de raciocínio lógico. Para os autores da pesquisa, essa discordância pode estar relacionada à falta de conhecimento metacognitivo por parte dos aprendizes ou porque eles compreendem quais são suas dificuldades e focam mais nos problemas que consideram difíceis.

Na pesquisa de Torre e Jiménez (1996a) os aprendizes apresentam suas percepções de dificuldades de maneira parecida com aquelas descritas por Darroz, Rosa e Pelegini (2015). Para os aprendizes, as dificuldades estão relacionadas à falta de memória, falta de conhecimento processual e a não conseguirem aplicar os conceitos aprendidos na situação apresentada pelo problema.

Ainda sobre a discussão de dificuldades de aprendizagem em Física em uma perspectiva que não se relaciona diretamente com as dificuldades específicas com os conceitos físicos, Lozano e Cardenas (2002) pesquisaram a importância da compreensão da linguagem matemática no estudo de Física a nível universitário na Argentina. Ao entrevistar alguns aprendizes os autores constataram que as dificuldades de aprendizagem em Física advinham de uma má interpretação da linguagem matemática simbólica que é utilizada na Física, por exemplo, o uso do símbolo Δ em diferentes contextos e seus diferentes significados, devem ser discutidos para que os aprendizes não confundam seu significado físico com seu significado matemático.

Segundo os autores, os aprendizes não distinguem as teorias e modelos matemáticos das teorias e modelos físicos, assim como confundem os símbolos utilizados na matemática com aqueles utilizados na resolução de problemas físicos. É evidenciado que os aprendizes devem adquirir conhecimentos prévios relativos à linguagem simbólica para ser possível avançar do conhecimento comum para o conhecimento científico. Para os pesquisadores, a instrução sobre as relações da linguagem formal da física e da matemática quanto à sua natureza e símbolos

devem ser explícitas, principalmente nos primeiros anos do curso de Física, em que os aprendizes veem as disciplinas de Física e Cálculo concomitantemente.

Sob uma ótica mais voltada para dificuldades em conceitos específicos, a pesquisa de Cotignola et al. (2002) tem foco nas dificuldades de aprendizagem em Termodinâmica, mais especificamente no conhecimento relacionado a Energia Interna. Para o autor, é necessário investigar a evolução do conhecimento e ensino deste tema, com a justificativa que os aprendizes sentem muitas dificuldades em entender esse conceito. Após uma longa revisão histórica e teórica sobre Energia Interna, o pesquisador realizou uma entrevista com 31 aprendizes dos cursos de Ciências e Engenharia. Os resultados mostraram que o equívoco conceitual mais comum do discurso dos aprendizes foi entre calor e energia interna, e acreditam que o “trabalho é diretamente transformado em calor”, este último é expressado, também, por livros didáticos. Para o autor, esta dificuldade em entender os conceitos pode estar ligada a discussão do conceito de calor antes da primeira lei da Termodinâmica ser introduzida e se mostra uma das principais causas que dificultam a compreensão dos conceitos termodinâmicos.

Dias, Barlette e Martins (2009) apresentam o que eles chamam de “fatores intervenientes” na aprendizagem dos conceitos relacionados a eletricidade. A pesquisa foi realizada com 46 aprendizes do último ano do Ensino Médio, que responderam um questionário com quatro questões relacionadas às suas opiniões sobre as dificuldades encontradas no estudo dos conceitos de eletricidade. Os aspectos negativos expressados estão ligados ao nível de dificuldade que os aprendizes encontram na Física, eles acham que os conceitos físicos estão para além de suas capacidades, e descrevem que a influência de dificuldades de interpretação de texto e uso das ferramentas matemáticas fazem com que a física se torne ainda mais difícil. O nível de abstração dos conteúdos aliado ao uso dos conceitos físicos resumidos à aplicação de fórmulas se mostra como as principais dificuldades encontradas na matéria.

Os autores se preocupam com o discurso de culpabilização e auto responsabilização dos aprendizes por suas dificuldades, pois isso pode gerar desmotivação. Além do mais, Dias, Barlette e Martins (2009) ressaltam que as relações de dificuldades de aprendizagem não podem ser atribuídas a um único fator, pois o discurso de culpabilização sobre os aprendizes, professores e familiares

pode se tornar demasiado simplista quando desconsiderado os fatores sociais, culturais, econômicos e políticos.

Santos, Veloso e Kalhil (2015), apresentam uma pesquisa com foco maior na perspectiva dos aprendizes, com o intento de compreender o que faz com que os aprendizes se distanciem da Física no Ensino Médio. Para isso, os autores submeteram um questionário com doze perguntas a 862 aprendizes de escolas públicas de Manaus. 42,8% deles afirmaram não gostar de Física, dos quais muitos justificaram que o motivo seria a quantidade de cálculos. Quando questionados sobre o período em que notaram não gostar da disciplina, muitos responderam que desde o 1º ano do Ensino Médio. Para os aprendizes, a Física não os motiva e muitas vezes a metodologia utilizada pelo professor dificulta ainda mais a aprendizagem dos conceitos. Os elementos mais reforçados pelos aprendizes em relação ao distanciamento da Física são relacionados ao formalismo empregado, resolução de exercícios, equações e fórmulas. Eles não entendem a finalidade da Física, e não conseguem interpretar e idealizar uma situação Física.

Em suma, as publicações encontradas discutem as dificuldades de aprendizagem em Física de maneira pontual, e os seus resultados emergem quais pontos específicos, nas áreas da Física que foram pesquisadas, os aprendizes demonstram dificuldades. Essas questões podem auxiliar a dar mais significado e trazer uma escuta mais sensível quanto as dificuldades de aprendizagem dos aprendizes participantes desta pesquisa.

As pesquisas aqui apresentadas apontam as dificuldades que os aprendizes têm para entender o significado dos conceitos físicos. Para os autores das publicações, isso pode ocorrer por uma falta de compreensão do contexto histórico em que surgiram os conceitos e como eles evoluíram cientificamente. Assim, conseqüentemente, os aprendizes perpetuam suas concepções alternativas ao longo dos estudos.

Os problemas relacionados à falta de assimilação da linguagem matemática dentro de um contexto físico também são frequentemente reforçados pelos pesquisadores. Eles descrevem que os aprendizes pouco entendem o formalismo, equações e fórmulas, usando-os de forma mecânica. Tendo em vista esses apontamentos, os pesquisadores acabam por concluir que os aprendizes têm pouco

conhecimento sobre os conceitos básicos de Física, não conseguindo aplica-los. E a conclusão mais impactante que emerge das pesquisas de uma forma geral é que este fato é constatado independentemente do nível em que os aprendizes se encontram, sendo verificado até mesmo em concluintes de cursos de Física de nível superior.

Do levantamento bibliográfico foi possível perceber que algumas pesquisas apresentam aproximações quanto aos momentos de reflexão dos aprendizes participantes deste trabalho, uma vez que apontam que as dificuldades de aprendizagem envolvem diversos aspectos, como, por exemplo, falta de compreensão da linguagem matemática e física e falta de compreensão dos significados dos conhecimentos físicos.

Além disso, destaca-se que muitas publicações apresentam um discurso de culpabilização do livro texto e do professor pelas dificuldades de aprendizagem dos aprendizes, considerações essas que não estão presentes neste trabalho, tendo em vista que não se conhece a prática dos professores; não foi analisado nenhum livro texto; e por buscar dar outro viés para a temática, em que as discussões sobre as dificuldades dos aprendizes são analisadas por meio de suas nuances e subjetividades, aliando isto às discussões teóricas sobre o conhecimento cognitivo e metacognitivo. Nenhuma das pesquisas do levantamento bibliográfico busca compreender as dificuldades de aprendizagem por meio de uma perspectiva centrada nas teorias da aprendizagem, arquitetura cognitiva humana e os conhecimentos metacognitivos.

3 TEORIA DA CARGA COGNITIVA E METACOGNIÇÃO

“É preciso correr muito para ficar no mesmo lugar. Se você quer chegar a outro lugar, corra duas vezes mais.”

Lewis Carroll

Os aspectos levantados pelas publicações aqui apresentadas serão levados em consideração, assim como a Teoria da Carga Cognitiva e Metacognição, para analisar as percepções que os aprendizes carregam sobre suas dificuldades de aprendizagem.

Para compreender melhor o que são dificuldades de aprendizagem é importante conhecer o processo de como aprendemos, e para isso foi levado em conta a arquitetura cognitiva humana. O enfoque está na Teoria da Carga Cognitiva (TCC) dos autores Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) e toda a discussão sobre a TCC será baseada nesses autores e em Rauber (2016).

A TCC fornece embasamento para compreender como recebemos as informações e as processamos, e dá suporte teórico para a elaboração de materiais instrucionais que respeitem a arquitetura cognitiva humana e o nível de conhecimento de cada aprendiz.

Dentro da perspectiva de como aprendemos se destaca, também, o conhecimento metacognitivo, que apresenta um modelo teórico sobre a importância do aprendiz conseguir identificar as melhores técnicas para aprender, quais são os pontos de maior dificuldade etc. Com o objetivo de entender como os aprendizes superam suas dificuldades de aprendizagem serão resgatadas as concepções de Metacognição.

Assim, neste capítulo serão discutidas a Teoria da Carga Cognitiva e o conceito de Metacognição.

3.1 Teoria da Carga Cognitiva

De acordo com Sweller, Ayres e Kalyuga (2011), a arquitetura cognitiva está relacionada à organização dos componentes que constituem a cognição humana, dentre eles, a memória de trabalho e a memória de longo prazo. Os autores descrevem essa cognição como um sistema natural e sofisticado de processamento de informações, que as cria, determina o que é importante e eficaz, recorda essas informações e exclui as menos relevantes. Também é importante por criar adaptação aos ambientes, já que essas informações que são armazenadas auxiliam a coordenar as atividades cotidianas.

A memória de trabalho e a de longo prazo são pontos fundamentais da TCC e dos trabalhos desenvolvidos pela neurociência. A memória de trabalho é caracterizada como a mais importante, já que ela mantém as informações na consciência pelo tempo que for necessário e é o elo para a memória de longo prazo. Essa memória é limitada quanto à quantidade e ao tempo de armazenamento de

informações, mas processa as novas informações e altera a memória de longo prazo. Já a memória de longo prazo tem capacidade maior para armazenar informações, e as mantém por um longo período de tempo. Nessa memória são construídos e armazenados os esquemas (CONSENZA; GUERRA, 2011).

O armazenamento de informações ocorre da seguinte forma, segundo a TCC: a informação, primeiro, passa pelo filtro da atenção; para captar qualquer informação é preciso ter interesse e prestar atenção a ela. Após, essa informação fica retida na memória de trabalho e se manterá como um registro. A informação só é armazenada permanentemente na memória de longo prazo se forem criados esquemas, associando a outras informações e trabalhando em um processo de automação (CONSENZA; GUERRA, 2011). Estes processos serão detalhados mais adiante.

Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) descrevem que a carga cognitiva é todo o esforço realizado pela memória de trabalho. Para esse processo ocorrer de forma natural e sem sobrecarga, a arquitetura cognitiva usa duas fontes: a carga cognitiva intrínseca e a carga cognitiva estranha. Essas fontes da carga cognitiva são recursos da memória de trabalho, estando a carga cognitiva intrínseca associada à complexidade da informação que o aprendiz utiliza para aprender; e a carga cognitiva estranha relacionada à carga desnecessária que é imposta em momentos instrucionais, ou seja, o uso de material e instrução inadequados para o aprendiz.

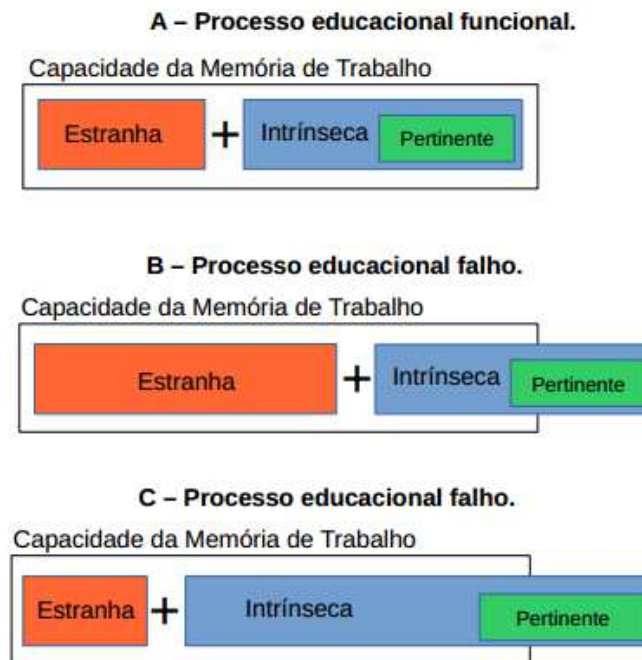
A carga cognitiva intrínseca e a estranha funcionam de modo integrado e são elas que vão determinar a carga cognitiva total imposta ao aprendiz, ou melhor, quantos recursos são necessários para que a memória de trabalho processe a informação. As cargas não podem ultrapassar a capacidade da memória de trabalho, pois, caso isso ocorra, o processo de aprendizagem sofrerá prejuízos (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011).

A carga cognitiva intrínseca possui ainda um recurso alocado a ela, chamado de pertinente, necessário para lidar com a carga total imposta, pois caso a carga exceda os recursos da memória de trabalho acontece uma falha no processo cognitivo. Essa carga dá origem ao aprendizado (RAUBER, 2016).

Rauber (2016) elabora uma imagem esquemática que faz com que essas informações sejam mais compreensíveis (Figura 2). No processo A, as cargas não ultrapassam a capacidade da memória de trabalho, por isso é considerado um

processo educacional funcional, em B e C as cargas estranhas e/ou intrínsecas estão ultrapassando a capacidade da memória de trabalho, por isso o processo é considerado falho.

Figura 3: Carga Cognitiva e sua relação com a memória de trabalho



Fonte: RAUBER (2016, p. 67)

Como mostrado na Figura 2, falhas no procedimento instrucional podem ocorrer, pelo menos em uma parte do processo, caso a soma das cargas cognitivas ultrapasse a capacidade da memória de trabalho (RAUBER, 2016). Os recursos da memória de trabalho não devem ficar alocados nas cargas estranha e intrínseca, pois existe a possibilidade de não sobraem recursos suficientes para a carga pertinente; isto é um problema, por ela ser responsável por alterar os esquemas na memória de longo prazo (RAUBER, 2016).

Pela TCC, o nível que a carga intrínseca e estranha atinge é determinado por elementos de interatividade, que são todas as informações que possuem alguma relação lógica e permanecem na memória de trabalho, sendo processadas simultaneamente. Esses elementos de interatividade, pelas suas características, são esquemas, que, antes de se tornarem uma unidade, são chamados de sub-

esquemas. O sub-esquema é definido como várias informações que são tratadas individualmente na memória de trabalho. Quando todos os sub-esquemas são incorporados em um único bloco de informações, temos um esquema (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011).

Esses elementos podem ter baixa ou alta interatividade. A baixa interatividade acontece quando os sub-esquemas não interagem entre si e podem ser aprendidos de forma isolada; o oposto são os elementos de alta interatividade, esses são muito próximos, agrupados de uma maneira lógica e não podem ser aprendidos separadamente. A aprendizagem de elementos de alta interatividade é extremamente difícil, como uma equação, por exemplo, porque esse tipo de aprendizagem envolve muitos elementos, que além da quantidade numerosa, interagem entre si. Sweller, Ayres e Kalyuga (2011), colocam um adendo de que não podemos considerar que uma tarefa com baixa interatividade de elementos possa ser considerada fácil, porque mesmo que não tenha elementos de difícil interação entre si, é preciso aprender uma quantidade grande de diferentes elementos.

O principal foco da TCC é que, tanto a carga cognitiva intrínseca, quanto a estranha de uma informação não são fixas, elas se alteram de acordo com a natureza da tarefa ou a experiência do aprendiz. O sistema de processamento de informações é descrito por Sweller, Ayres e Kalyuga (2011), em cinco princípios básicos: o (1) princípio de armazenamento de informações, o (2) princípio de empréstimo e reorganização, o (3) princípio de aleatoriedade como gênese, o (4) princípio do estreito limite da mudança, e o (5) princípio de organização ambiental e ligação. Estes princípios buscam explicar como o conhecimento é adquirido.

Desses princípios emergem 12 efeitos, estes servem como estratégias para elaboração de materiais instrucionais, sendo eles: (1) Efeito sem objetivo específico, (2) exemplo trabalhado, (3) problemas a completar, (4) divisão de atenção, (5) modalidade, (6) redundância, (7) experiência reversa, (8) enfraquecimento de orientação, (9) auto explicação, (10) elemento de interatividade, (11) Imaginação e (12) memória de trabalho coletiva.

Os cinco princípios serão descritos na próxima sessão, tendo em vista a importância dos mesmos para compreender como recebemos e processamos as informações e como transformamos esses elementos de informações em esquemas

na memória de longo prazo. Quanto aos efeitos, apenas aqueles necessários para a análise dos dados serão aqui apresentados.

3.1.1 Princípios

Para os autores da TCC, Sweller, Ayres e Kalyuga (2011), para lidar com a complexidade do ambiente natural, os organismos e espécies precisam de um grande estoque de informações. A forma como essas informações são armazenadas é descrita pelo **princípio de armazenamento de informações**, se ramificando em duas categorias: o conhecimento biologicamente primário, que é aprendível, mas não ensinável, pois ele costuma ser aprendido sem instrução explícita; e o conhecimento biologicamente secundário, que pode ser aprendido e ensinado.

O conhecimento biologicamente primário envolve, por exemplo, ações como aprender a falar, reconhecer rostos, se relacionar socialmente. São ações normalmente adquiridas de forma inconsciente e sem instrução explícita. Apesar do enorme conteúdo necessário para aprender essas informações, como falar, aprendemos essas habilidades mais facilmente como uma condição necessária para a sobrevivência biológica. Grande parte das informações armazenadas na memória de longo prazo deriva desse conhecimento, por isso ele é considerado a base da cognição humana, permitindo um armazenamento fácil e rápido das informações na memória de longo prazo.

O conhecimento biologicamente secundário exige esforço e consciência na aquisição da informação, como aprender a ler e escrever, e envolve a instrução direta, pois para obtê-lo, normalmente, precisa-se de ajuda. O foco da TCC está nesta categoria do conhecimento biologicamente secundário.

A maior parte do conhecimento que armazenamos na memória de longo prazo é associada a atividades biologicamente primárias, mas ainda assim temos uma base de conhecimento secundário muito grande. Existe uma tendência em achar que a memória de longo prazo armazena apenas alguns fatos isolados e recorda eventos passados, mas ela é muito mais do que isso. Segundo a TCC, todas as atividades consideradas de alto nível, como raciocinar e resolver exercícios, dependem da memória de longo prazo, tornando-a essencial a todos os processos, pois todas as informações ali armazenadas são responsáveis por nossas competências e habilidades em determinadas áreas.

Essas informações da memória de longo prazo são mantidas, categorizadas e organizadas na forma de esquemas; a memória contém inúmeros esquemas que determinam como recebemos as informações. Esses esquemas são como nosso cognitivo constrói e classifica os vários elementos de informação, agrupando-os em apenas um elemento, de acordo com sua utilização, nos ajudando a resolver problemas despendendo menos esforço. Um esquema errôneo mantido na memória de longo prazo pode causar dificuldades em um momento de resolução de problemas, tanto os simples como os complexos. Desta forma, mostram que são essenciais para auxiliar a aprendizagem, mas que também podem causar transtornos durante o processo de aquisição de informações.

Quando a memória de longo prazo armazena um esquema, este processo deve ser feito de modo consciente, muitas vezes advindo de um processo de bastante esforço por parte do aprendiz. Com o aumento da prática, que os autores da TCC chamam de automação, esse processo pode se tornar cada vez menos consciente. Quando os conceitos são automatizados por esforço do aprendiz seu nível de conhecimento muda. Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) descrevem que esse nível define se o aprendiz é um novato, intermediário ou especialista.

O aprendiz novato precisa de instrução e materiais instrucionais com informações mais diretas, detalhadas e integradas, como textos narrados, vídeos, diagramas, exemplos resolvidos etc. O aprendiz intermediário também precisa de instrução e material instrucional com a mesma característica que aqueles apresentados aos novatos, mas a diferença é que para aprendizes nesse nível a ajuda em resoluções de problemas pode ser reduzida. O aprendiz especialista precisa de uma instrução mínima para resolver problemas ou fazer listas de exercícios.

Na aprendizagem e resolução de problemas, o papel da memória de longo prazo dá sentido à instrução, pois a função da instrução é aumentar o conhecimento armazenado. Se nenhuma modificação ocorreu na memória de longo prazo, então pode se dizer que não houve aprendizagem.

A instrução tem como uma de suas funções fornecer os melhores procedimentos de aquisição das informações que devem ser armazenadas na memória de longo prazo, por isso um ponto crucial é entender como um novo

conhecimento ou um novo esquema é armazenado. Os sistemas naturais de obtenção de informações possuem dois processos básicos: um que obtém informações organizadas de outros ambientes chamado de **princípio de empréstimo e reorganização**, e um que cria novas informações denominado **princípio de aleatoriedade como gênese**.

O conhecimento secundário armazenado é emprestado de outras pessoas, pois este conhecimento é mantido na memória de um indivíduo e este a transmite a outro por meio de uma habilidade biologicamente primária, a comunicação. Dentre os vários processos que usamos para nos comunicar tem-se a imitação. Para os autores da TCC há uma probabilidade de que o ser humano evoluiu para imitar outras pessoas, e essa habilidade adquirida de imitar ocorre instintivamente, sem instrução, como um mecanismo biologicamente primário, mas a usamos também para adquirir conhecimento secundário.

A imitação é essencial para o desenvolvimento intelectual, e os procedimentos instrucionais complexos e inovadores dependem desse conhecimento de imitação, pois quando um professor demonstra algo a seus alunos, a aquisição do conhecimento está associada a essa demonstração, nesta lógica assume-se que os professores esperam que os aprendizes os imitem. A imitação “empresta informações da memória de longo prazo de um instrutor para ser armazenada na memória de longo prazo do aprendiz” (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011, p. 29, traduzido pelo autor).

Este processo de imitação não é perfeito, visto que o aprendiz já possui informações em sua memória de longo prazo, as novas informações adquiridas pelo processo de imitação são combinadas com aquelas anteriores, que se reorganizam e armazenam uma nova informação ou um novo esquema, essa transformação pode ter efeito neutro, positivo ou negativo. Caso seja neutro ou positivo, a informação pode ser armazenada na memória de longo prazo; se for negativa ela deve ser transformada ou descartada para que a aprendizagem ocorra. Informações equivocadas também podem ser armazenadas e, antes de serem corrigidas geram efeitos negativos por um longo período de tempo.

A imitação não é a única maneira pela qual os seres humanos aprendem, mas as outras técnicas são derivadas desse processo, como ouvir uma pessoa falar, ler,

ver diagramas, simulações, animações etc. Todos esses procedimentos se baseiam na transferência de conhecimento secundário do instrutor ao aprendiz. Por isso, de acordo com a TCC, as informações que são fornecidas durante o processo de, por exemplo, resolução de problemas são mais benéficas se forem instruções diretas e explícitas.

Enquanto o princípio de empréstimo e reorganização explicita que as informações são emprestadas de outras fontes externas, o **princípio de aleatoriedade como gênese** descreve como essas informações são criadas. Juntos eles explicam como a informação é criada, transmitida e armazenada na memória de longo prazo.

Durante a resolução de problemas, a cognição humana se dedica a um procedimento que gera possibilidades e testes aleatórios para encontrar uma solução. Ao resolver problemas que são novos e, portanto, mais complexos por não ter conhecimentos prévios relevantes ou instrução, o aprendiz pode chegar a muitos impasses de não resolução, chamados pelos autores da TCC de “becos sem saída”. Quando o aprendiz chega a esse entrave é entendido que os movimentos que ele realizou para tentar resolver o problema foram inadequados.

Esses movimentos que o aprendiz realiza para solucionar um problema são gerados aleatoriamente, e os resultados são desconhecidos, sendo considerados eficazes apenas depois de fazê-los. Se o movimento realizado for efetivo, ele é retido e os movimentos subsequentes são gerados na busca da solução do problema, podendo esses serem conhecidos pelo aprendiz, caso contrário, o processo aleatório é usado novamente. Quando acontece do passo escolhido ser efetivo, este pode ser armazenado na memória de longo prazo para ser usado posteriormente, se tornando conhecimento; se o movimento escolhido não for efetivo para conseguir solucionar o problema, ele é descartado e se tenta um novo.

O princípio de aleatoriedade como gênese, segundo Sweller, Ayres e Kalyuga (2011), é a fonte da criatividade. Para eles, a criatividade se baseia, por definição, em movimentos que não se sabe as consequências, para o que se é desconhecido. Se o problema a ser solucionado, a ideia, o procedimento que se quer utilizar etc. é novo, ele não é dependente de esquemas já armazenados na memória de longo

prazo. Por isso, para os autores, a criatividade não pode vir de outro mecanismo, senão esse.

Este princípio é considerado como uma habilidade biologicamente primária, pois é natural do ser humano fazer uso desse procedimento de aleatoriedade e teste de efetividade para resolver problemas novos. Quando as informações são geradas por meio da aleatoriedade, elas não são organizadas e o sistema de processamento de informações deste tipo é limitado. Existem consequências estruturais que são concebidas no princípio da aleatoriedade como gênese, e que levam ao **princípio dos limites estreitos de mudança**, como as características sobre como a memória de trabalho lida com as novas informações que chegam por meio do sistema sensorial e não da memória de longo prazo.

É na memória de trabalho que ficam as informações conscientes, dado que se sabe a grande quantidade de informações que são armazenadas na memória de longo prazo e apenas uma parte delas, e por um determinado momento, permanecem em nossa consciência. Os conhecimentos da memória de longo prazo são desconhecidos até que sejam transferidos para a memória de trabalho.

A memória de trabalho é limitada em capacidade para processar informações que são novas. Se a informação não for automatizada nem chegará a ser transferida para a memória de longo prazo, será excluída antes, pois a memória de trabalho também é limitada quanto a sua duração. Nos contextos instrucionais, a memória de trabalho não armazena conhecimento, apenas os processa, os manipulando, organizando, comparando e combinando. A memória de trabalho fará armazenamento apenas quando se tratar das operações cognitivas.

Todas as informações recebidas pelo ambiente são processadas na memória de trabalho. Quando a informação é recebida, ela é processada pelo sistema sensorial, que inclui as modalidades visuais e/ou auditivas, se encaminhando para a memória de trabalho para ser processada conscientemente junto às informações relacionadas que já estão na memória de longo prazo. Caso essa informação permaneça na memória de trabalho por um período de tempo, ela será armazenada na memória de longo prazo; ao ser armazenada ela poderá ser acessada pela memória de trabalho sempre que necessário.

Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) dizem que as novas informações permanecem na memória de trabalho por apenas 20 segundos, devido a limitação quanto à duração em que as informações permanecem disponíveis. A única maneira de manter a informação por um maior período na memória de trabalho é por meio da repetição da informação, que se mantém atualizada de modo constante.

Essa limitação da memória de trabalho quanto à sua capacidade e duração se aplica apenas quando a informação nova é obtida por meio do ambiente externo via memória sensorial. Se a informação for transferida da memória de longo prazo estas limitações não se aplicam, a memória de trabalho trata diferente as informações que são familiares daquelas que são novas.

Por este fator, a memória de trabalho depende da modalidade que a informação é apresentada, pois o processador da informação auditiva na memória de trabalho é diferente daquele da informação visual. Esses processadores são parcialmente independentes, com as mesmas características quanto a limitação de capacidade e duração. Para a memória de trabalho, essa divisão em processadores auditivos e visuais é relevante porque quando se usa ambos os processadores, a capacidade efetiva da memória de trabalho pode ser aumentada.

Se torna importante entender essas limitações e como lidar com elas, dado que a maioria dos aprendizes têm pouca experiência, são considerados novatos, e as informações para eles são novas e, portanto, processadas com capacidade e duração limitada na memória de trabalho.

O **princípio de organização ambiental e vinculação** também tem como estrutura central a memória de trabalho. Esse princípio permite que grande quantidade de informações armazenadas na memória de longo prazo determinem as atividades que são relevantes. Como dito anteriormente, a memória de trabalho busca informações na memória de longo prazo. O princípio de organização ambiental e vinculação permite que essas informações que são transferidas de uma memória para outra sejam organizadas e que coordenem a atividade, ação ou comportamento de modo apropriado ao ambiente e/ou situação apresentada.

Para que a memória de trabalho consiga buscar informações da memória de longo prazo é preciso que o ambiente aponte sugestões que ativem essa função, fazendo com que a memória de trabalho acesse o conjunto de esquemas corretos,

por exemplo, mantemos na memória de longo prazo os esquemas para resolver determinada equação, o esquema para solução permanece inconsciente na memória de longo prazo até que visualizemos a equação, essa visualização é interpretada pela memória de trabalho como uma sugestão e o esquema correto para resolver a equação é escolhido, fazendo com que a ação apropriada seja tomada.

Do ponto de vista educacional, o princípio de organização ambiental e vinculação tem função crítica, devido à sua função de selecionar os esquemas da memória de longo prazo de acordo com os estímulos do ambiente, moldando o desempenho mais adequado a ele.

3.1.2 Efeitos

Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) trazem em seu livro da TCC, como dito anteriormente, doze efeitos. Esses efeitos são enunciados com o objetivo de abranger estratégias para elaboração de materiais instrucionais e foram construídos experimentalmente baseados nos princípios apresentados anteriormente, visando facilitar a aprendizagem e a resolução de problemas. Serão apresentados aqui apenas os efeitos utilizados para analisar as percepções dos aprendizes sobre as suas dificuldades.

O **efeito do exemplo trabalhado** diz respeito a um problema resolvido que traz todas as etapas para a sua solução, o instrutor faz primeiro a resolução passo a passo para depois pedir ao aprendiz para resolver sozinho. Trabalhar esse tipo de efeito ajuda a criar esquemas de solução de problemas na memória de longo prazo, por meio do princípio de armazenamento de informação. Depois que esses esquemas forem armazenados eles podem ser utilizados para resolver problemas semelhantes, usando o princípio do empréstimo e reorganização. Este efeito mostra ser um bom mecanismo para aprendizes novatos por possibilitar que o aprendiz armazene aspectos chaves de resolução de problemas que auxiliem a resolver problemas semelhantes.

O **efeito de problemas a completar** surge do efeito do exemplo trabalhado, ele foi criado como uma forma de garantir que os aprendizes prestassem mais atenção na resolução de problemas resolvidos pelo instrutor. Esse efeito ocorre

quando o aprendiz tem melhor desempenho ao fazer o exercício de completar a solução dos problemas. O instrutor resolverá o passo a passo de apenas uma parte do problema, a outra parte será completada pelo aprendiz, utilizando de alguns conceitos chaves para conseguir completar a solução. Tanto no efeito do exemplo trabalhado, como no efeito de problemas a completar, a carga cognitiva imposta na memória de trabalho é baixa.

O outro efeito abordado diz respeito a imaginação. Os autores da TCC definem a imaginação como a reprodução mental de um procedimento ou conceito. O **efeito da imaginação** acontece quando a atividade é resolvida pelo aprendiz apenas por meio de processos mentais, ele imagina a solução. Esse ato de imaginar o procedimento ou conceito ajuda a transferência da informação para a memória de longo prazo, já que o processamento do conceito imaginado ocorre na memória de trabalho, funcionando como um exercício. Este efeito não é útil para aprendizes novatos por impor uma alta carga cognitiva na memória de trabalho, tendo em vista que a memória de trabalho é limitada quanto a sua capacidade e duração no que diz respeito a informações novas. A TCC diz que imaginar um conceito ou resolução de um problema para um novato é difícil, em alguns casos pode ser impossível, fazendo com que instruções que utilizam da imaginação sejam parcialmente ineficazes.

No caso dos aprendizes novatos, estudar um problema pode ser mais eficaz para a construção de esquemas, a substituição do estudo, por exemplo, por meio de exercícios resolvidos, para o efeito da imaginação só deve ocorrer quando o aprendiz for mais experiente. O efeito da imaginação é obtido apenas quando o aprendiz tem os recursos necessários, para imaginar o conceito e/ou procedimento complexo, em sua memória de longo prazo, assim que o aprendiz obtém esses recursos ele deve ser encorajado a imaginar, pois ele estará melhor preparado para continuar aprendendo os conceitos.

O **efeito do enfraquecimento da orientação** é uma estratégia que se baseia na redução dos níveis de orientação instrucional, ou seja, a ajuda fornecida ao aprendiz deve ir diminuindo de acordo com o aumento de sua experiência. Diminui-se a orientação para resolução de problemas e aumenta a demanda de solução de problemas dos aprendizes com o aumento do nível da especialização, pois os

aprendizes já possuem esquemas o suficiente armazenados na memória de longo prazo para que a memória de trabalho consiga lidar com as novas demandas sem sofrer uma sobrecarga cognitiva.

O **efeito da interatividade de elementos** acontece quando o uso de materiais instrucionais com alto nível de interatividade permite que os aprendizes combinem vários elementos de conhecimento que interagem entre si em um esquema único. Este efeito é determinado pelo número de elementos de informação simultâneos que os aprendizes devem manipular na memória de trabalho, quanto maior o nível de interatividade, mais dificuldade para compreender o conteúdo.

A dificuldade em compreender o conteúdo com alta interatividade de elementos acontece pela quantidade de informações que devem ser processadas simultaneamente na memória de trabalho. Se a quantidade de elementos for maior do que a capacidade da memória de trabalho, o material instrucional não será entendido pelo aprendiz até que ele consiga adquirir alguns esquemas e tratar vários elementos em um bloco único, diminuindo assim a carga cognitiva.

Quando os aprendizes adquirem mais conhecimento em determinada tarefa, o nível de interatividade de elemento em um material instrucional muda, ou seja, a interatividade alta de elementos se torna um problema menor a medida que o aprendiz vai se tornando mais experiente; para um aprendiz novato uma tarefa pode ser extremamente complexa enquanto para um experiente ser considerada uma tarefa simples.

Um aprendiz experiente possui mais conhecimentos prévios que permitem que elementos que interagem entre si possam ser agrupados ou incorporados a outros esquemas, enquanto os novatos, com pouco conhecimento prévio, não conseguem agrupar as informações em um esquema e tentam processar todos os elementos simultaneamente na memória de trabalho, impondo a ela uma elevada carga cognitiva intrínseca.

A carga cognitiva intrínseca pode ser reduzida quando se cria conhecimentos prévios específicos antes de se apresentar a tarefa. Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) apresentam esse método, chamando-o de pré-treinamento, no qual o

desenvolvimento dos conhecimentos prévios antes dos materiais chave serem apresentados ajudam a aumentar o conhecimento na memória de longo prazo. Pode-se, também, reduzir a carga intrínseca quando se conclui as tarefas em pequenas seções, isso também auxilia o aprendiz a integrar os novos conhecimentos aos antigos.

O **efeito da memória do trabalho coletivo** ocorre quando o aprendiz tem melhor resultado estudando por meio do trabalho colaborativo quando comparado ao estudo individual. Do ponto de vista instrucional, a memória do trabalho coletivo pode ser usada em tarefas complexas, que exigem uma alta interatividade dos elementos, já que em coletivo pode-se distribuir a carga cognitiva.

3.2 Metacognição

Jou e Sperb (2006) trazem várias definições do conceito de metacognição. Para as autoras, a definição mais simples está relacionada ao conhecimento sobre o próprio processamento cognitivo. De acordo com Ribeiro (2003), o conhecimento metacognitivo envolve reconhecer as dificuldades no processo de realização de uma tarefa ou pelo menos ter consciência de que alguma informação não pôde ser compreendida, pois isto faz parte do processo de superação. Ter conhecimento apenas sobre aquilo que se sabe, para a autora, é ignorância, é preciso saber, também, sobre o que não se sabe.

Os aprendizes devem refletir sobre o que e/ou se aprenderam, até como uma forma de verificar se conseguem resolver os problemas que lhes são apresentados ou não (PEREIRA, 2014). Ribeiro (2003) acredita que o conhecimento metacognitivo pode funcionar como um fator motivador para os aprendizes. Conhecer sobre seu próprio cognitivo pode proporcionar a sensação de autogestão e controle de sua aprendizagem. Assim, o aprendiz se torna responsável pelo seu desempenho e adquire confiança em suas habilidades, o que gera melhor potencial para o processo de aprendizagem.

Os autores de destaque na área dos estudos sobre metacognição são Flavell, Miller e Miller (1999), eles definem a metacognição como o conhecimento que o aprendiz tem de monitorar e avaliar as capacidades de sua memória, é a “cognição acerca da cognição” (FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999, p. 125). Para estes

autores, o conhecimento metacognitivo advém das experiências e crenças armazenadas na memória de longo prazo:

As experiências metacognitivas podem servir a uma variedade de funções úteis nas iniciativas cognitivas. Por exemplo, a súbita percepção de que você não está entendendo o que você está lendo pode instigar uma de várias ações adaptativas: como por exemplo, você pode reler a passagem, repensar o que já entende (ou achava que entendia), ler mais um pouco para ver se alguma coisa adiante esclarece o que veio antes, pedir a ajuda de alguém, ou tentar modificar o objetivo de sua tarefa de modo a reduzir a importância do problema (FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999, p. 129).

Jou e Sperb (2006) citam duas concepções a respeito do conhecimento metacognitivo e sua relação com a experiência. A primeira delas está ligada ao “caráter evolutivo da consciência” (JOU; SPERB, 2006, p. 177), em que a reflexão sobre o próprio pensamento garantiu a sobrevivência do ser humano, por permitir a ele observar e corrigir erros, desenvolvendo assim estratégias de sobrevivência no meio em que estava inserido. A segunda concepção se baseia nos estudos sobre o processamento da informação pelo cérebro humano, na qual nosso sistema cognitivo tem um subsistema de controle com a função de monitoramento, planejamento e regulação de processos. Este sistema no início da vida é pouco consciente, se tornando mais consciente à medida que o indivíduo for passando por processos cognitivos mais complexos.

É preciso esclarecer que o conhecimento metacognitivo não está relacionado a todo e qualquer conhecimento que o indivíduo tem sobre si, Flavell, Miller e Miller (1999) descrevem as variáveis que envolvem a atividade metacognitiva: os conhecimentos metacognitivos e as experiências metacognitivas.

Flavell, Miller e Miller (1999) dividem o conhecimento metacognitivo em três dimensões: o conhecimento sobre **pessoas**, sobre **tarefas** e sobre **estratégias**. O conhecimento sobre **pessoas** é aquele que abarca as crenças adquiridas pelo aprendiz sobre o cognitivo, habilidades e motivações, próprias e dos outros. O conhecimento sobre **tarefas** está relacionado a natureza da informação processada pelo aprendiz para realizá-la e, também com a natureza da exigência das tarefas, que é a compreensão de que algumas atividades são mais difíceis que outras. Sobre a categoria **estratégias**, são todas as estratégias aprendidas que apresentam uma maior probabilidade de fazer com que o objetivo da tarefa seja alcançado. Combinações de duas ou três dessas dimensões compõem o conhecimento metacognitivo.

Junto ao conhecimento metacognitivo se desenvolve as atividades de monitoramento e auto regulação, chamadas de experiências metacognitivas, que são estratégias metacognitivas utilizadas para conseguir resgatar informações úteis sobre a atividade a ser realizada e o seu progresso nela. São mecanismos que controlam e regulam os processos cognitivos. Por exemplo, se ao resolver problemas matemáticos o aprendiz apresenta com certa frequência erros nas somas, ele irá monitorar as suas somas para se certificar de que não haja erros. A auto regulação acontece quando o aprendiz sabe que pode se beneficiar mais com uma estratégia, para resolver um problema por exemplo, do que com outra (FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999).

A metacognição pode ser entendida, então, como uma “fase de processamento de alto nível que é desenvolvida e adquirida pela experiência e pelo acúmulo de conhecimento específico” (JOU; SPERB, 2006, p. 180). Logo, a auto regulação e o monitoramento auxiliam na elaboração de estratégias que potencializam a cognição dos sujeitos.

Outros autores que tratam das estratégias metacognitivas são Blakey e Spence (1990) e Ertmer e Newby (1996). Os primeiros, apresentam três estratégias metacognitivas que podem tornar os aprendizes mais eficientes, que são: (a) relacionar informações novas as antigas; (b) selecionar estratégias para alcançar objetivos; (c) organizar os pensamentos de maneira sistematizada. O que se percebe é que tanto Flavell, Miller e Miller (1999) quanto Blakey e Spence (1990) podem ser sintetizados pela perspectiva de Ertmer e Newby (1996), pois estes últimos apontam que o aspecto fundamental para que os aprendizes aprendam melhor é a reflexão sobre os processos de aprendizagem.

Para que esta reflexão consciente ocorra, o aprendiz deve estar ativamente envolvido no processo de aprendizagem, de modo que consiga identificar seu conhecimento cognitivo e estilo, assim como quais são os melhores esquemas e estratégias para sua aprendizagem; apenas essa reflexão sobre si mesmo pode aprimorar o conhecimento metacognitivo (RIBEIRO, 2003). Em outras palavras: “[...] para aprender é preciso aprender como fazer para aprender, que não basta fazer e saber, mas é preciso saber como se faz para saber e como se faz para fazer” (RIBEIRO, 2003, p. 115). Afirmação corroborada por Davis, Nunes e Nunes (2005),

que concluem que os aprendizes têm dificuldades de aprendizagem por não terem conhecimento sobre o que sabem e o que não sabem.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

“Podes dizer-me, por favor, que caminho devo seguir para sair daqui? Isso depende muito de para onde queres ir - respondeu o gato.

Preocupa-me pouco aonde ir – disse Alice.

Nesse caso, pouco importa o caminho que sigas - replicou o gato”. (*Lewis Carroll*)

Neste capítulo são apresentados todos os aspectos metodológicos que estruturaram esta pesquisa. Na subsecção 4.1 fica explicitado como se construiu a pesquisa, qual a sua abordagem, e o que foi realizado para se atingir os objetivos propostos.

Na subsecção 4.2 todos os elementos de como foi realizado o levantamento bibliográfico dos trabalhos correlatos sobre dificuldades de aprendizagem em Física são expostos.

Todas as considerações sobre os participantes da pesquisa estão na subsecção 4.3. Após, mostra-se que foram realizadas entrevistas semiestruturadas com aprendizes de um curso de Licenciatura em Física como forma de responder a pergunta que norteou esta pesquisa, também se apresenta o motivo do uso de entrevistas e o processo de validação da mesma nas subsecções 4.4 e 4.5, respectivamente. Na subsecção 4.6 são discutidas as categorias de análise que emergiram das entrevistas.

4.1 Da Pesquisa

Para elaboração desta dissertação, primeiro se analisou as concepções de dificuldades de aprendizagem e como se deu sua construção histórica, para que se pudessem compreender os significados por trás do termo e definir sob qual perspectiva embasar-se-ia a pesquisa. Após elencar os significados presentes na literatura, optou-se por considerar dificuldades de aprendizagem como qualquer falha transitória encontrada no processo de ensino e aprendizagem que pode impedir o progresso do aprendiz. Descartando, assim, qualquer discussão que

englobe falha nas funções neurobiológicas e necessitem de acompanhamento médico.

Após a apropriação da concepção de que tipo de dificuldades seriam analisadas, surgiram algumas indagações relacionadas a como os aprendizes encaravam suas dificuldades de aprendizagem, se reconheciam que as tinham ou se acreditavam não as ter. Em uma reflexão pessoal da autora desta pesquisa, a hipótese levantada seria a de que qualquer estudante em algum momento do seu processo de aprendizagem sentiria dificuldades, e algumas pesquisas, como a de Gonçalves (2002), assim indicam.

Partindo desta ideia, se quis investigar as dificuldades de aprendizagem em Física sob a perspectiva do aprendiz, considerando que o próprio sujeito em dificuldades conseguiria apontá-las em um viés mais sensível, aberto e, acima de tudo, fiel, tendo em vista que ninguém melhor que o próprio sujeito para compreender suas dificuldades. Assim, se elaborou a pergunta desta pesquisa: quais são as percepções de aprendizes sobre suas dificuldades de aprendizagem nas disciplinas de um curso de licenciatura em Física e como essas dificuldades têm sido trabalhadas por eles? O segundo questionamento, relativo à superação de dificuldades dos aprendizes, foi incluído no intuito de analisar se no momento em que sentem dificuldade de aprendizagem eles têm conhecimento metacognitivo para superar ou se usam um discurso de culpabilização a algo e/ou alguém.

Objetivando responder à pergunta de pesquisa, entrevistaram-se aprendizes de um curso de Licenciatura em Física. As perguntas norteadoras da entrevista foram elaboradas e passaram por um processo de validação. Após esse processo, as perguntas foram reelaboradas quanto aos seus objetivos. Os enfoques relacionados aos sujeitos e a entrevista e sua validação, estão descritos nas próximas seções.

A entrevista proporciona a interação entre pesquisador e pesquisado, que se envolvem em um processo de troca de conhecimentos, que inclui linguagens, símbolos e sentimentos. Destas interações surge a construção dos universos sociais dos indivíduos, que para serem analisados exigem metodologias de pesquisa e critérios de análise sistematizados que são específicos das áreas de ciências humanas e sociais (PEREIRA, 2014). Esta sistematização, quando usada para

compreender com profundidade as relações educacionais e sociais, de maneira a se preocupar com a experiência vivida pelos sujeitos e com a forma que eles descrevem seu universo, caracteriza a pesquisa qualitativa (ESTEBAN, 2010).

Tendo em vista que esta pesquisa buscou compreender as relações dos sujeitos com seu processo de aprendizagem, com atenção voltada à experiência dos aprendizes dentro de um contexto de dificuldades de aprendizagem, utilizou-se nesta dissertação a abordagem qualitativa. Essa escolha se deu por denotar que a pesquisa realizada não apresenta um caráter objetivo, ela está envolvida dentro de um contexto particular que envolve dimensões subjetivas e abarca a linguagem, representação e organização social dos sujeitos (ESTEBAN, 2010).

Quanto aos objetivos desta investigação, procurou-se inserir aspectos da pesquisa interpretativa, tendo em vista apresentar os significados por trás das percepções que os aprendizes têm sobre suas dificuldades de aprendizagem (MOREIRA, 2011). Uma pesquisa com características interpretativas “permite que sejam feitas inferências sobre fatores, que relacionados podem auxiliar na compreensão do fenômeno estudado em um dado contexto” (PEREIRA, 2014, p. 76). Assim, almejou-se compreender as significações dos aprendizes, fazendo comparações com outros contextos que favoreceram fazer inferências sobre os sujeitos pesquisados.

Na busca da compreensão dos aspectos emergidos no processo de entrevista, fez-se um aprofundamento na Teoria da Carga Cognitiva e nos aspectos da metacognição, também se realizou um levantamento sobre as pesquisas que apresentassem publicações na área de dificuldades de aprendizagem em Física, em contexto nacional e internacional, visando evidenciar em que perspectiva os pesquisadores da área de Ensino de Física e Educação discutiam as dificuldades encontradas pelos aprendizes.

Utilizando os referenciais teóricos e analisando as entrevistas, elaboraram-se categorias de análise que favorecem a sistematização dos discursos dos aprendizes, tornando possível a inferência de conhecimentos relacionados às condições de produção e recepção desses discursos. As categorias utilizadas para a análise de dados são discutidas na seção 4.6.

4.2 Da Revisão Bibliográfica

Com o intuito de evidenciar como as discussões relativas às dificuldades de aprendizagem vêm sendo realizadas dentro do campo de Ensino de Física, fez-se um levantamento na plataforma Sucupira, da CAPES, de revistas de Educação ou Ensino, com acessos abertos e classificação de Qualis A1 a B3. Os artigos foram analisados para que se pudessem compreender as discussões levantadas pelos pesquisadores em educação e ensino de Física, com o intuito de apreender os aspectos essenciais dentro da temática e, quais são os pontos que se aproximam e se distanciam desta pesquisa.

Foi considerado o quadriênio 2013-2016, que contém a classificação Qualis mais recente apresentada na plataforma. Foram encontrados, no total, 266 registros de revistas com Qualis A1, 578 registros de revistas com Qualis A2, 909 revistas com Qualis B1, 1071 revistas com Qualis B2 e 876 revistas com Qualis B3, totalizando 3700 registros. Dessas, apenas 35 revistas eram da área de Educação, ou de Ensino de Física ou, ainda, de Educação em Ciências, vide Quadro 1.

Quadro 1: Revistas em Educação/ Ensino de Ciências/Física classificadas com Qualis A1 a B3.

(continua)

Revista	Período de Busca	Qualis
Ciência e Educação	1994-2018	A1
<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	1983-2018	A1
<i>Research in Science Education</i>	1971-2018	A1
<i>Science & Education</i>	1992-2018	A1
<i>Acta Scientiarum. Education</i>	2010-2018	A2
Ciência e Cultura	2002-2018	A2
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	1999-2018	A2
<i>Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i>	2005-2018	A2
<i>International Journal of Science and Mathematical Education</i>	2003-2018	A2

Investigações em Ensino de Ciências	1996-2018	A2
<i>Journal of Baltic Science Education</i>	2002-2018	A2
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	2001-2018	A2
Revista de Educacion de las Ciencias	1993-2018	A2
<i>CTS. Ciencia, Tecnología Y Sociedad</i>	2003-2018	B1
Experiências em Ensino de Física	2006-2018	B1
Revista Brasileira de Ensino de Física	1979-2019	B1
<i>Revista Electrónica de Investigación en Educación En Ciencias</i>	2006-2017	B1
Alexandria	2008-2018	B2
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	1984-2018	B2
Ciência & Ensino	2006-2008	B2
Ciência e Desenvolvimento – Revista Eletrônica da FAINOR BA	2008-2018	B2
Ciências & Cognição (UFRJ)	2004-2018	B2
Dialogia	2001-2018	B2
<i>Gondola: Enseñanza Y Aprendizaje de las Ciencias</i>	2000-2018	B2
<i>Holos</i>	2004-2018	B2
<i>Journal of Astronomy & Earth Sciences Education</i>	2014-2018	B2
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	2008-2018	B2
Revista de Educação, Ciências e Matemática	2011-2018	B2
Revista Acta Scientiae	1999-2018	B2
<i>Scientia Plena</i>	2005-2018	B2
Vértices	1997-2018	B2
<i>Education Sciences and Society</i>	2010-2015	B3
<i>Latin American Journal of Science Education</i>	2014-2017	B3
<i>The Eletronic Journal of Science Education</i>	1996-2018	B3
Veredas FAVIP	2008-2017	B3

Fonte: própria autora

Nota: as revistas destacadas em negrito são aquelas que possuíam artigos relacionados à temática dessa pesquisa.

Foram encontrados 32 artigos relacionados ao tema (APÊNDICE A), cuja distribuição por revista está disposta no Quadro 3.

Quadro 2: Número de artigos encontrados em cada revista com a temática desse estudo.

Revista	Período de Busca	Artigos encontrados
<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	1983-2018	11
<i>Science & Education</i>	1992-2018	3
<i>Journal of Baltic Science Education</i>	2002-2018	2
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	2001-2018	1
<i>Revista de Educacion de las Ciencias</i>	1993-2018	1
Experiências em Ensino de Física	2006-2018	1
Revista Brasileira de Ensino de Física	1979-2019	10
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	1984-2018	1
<i>Latin American Journal of Science Education</i>	2014-2017	2

Fonte: própria autora

No APÊNDICE B são explicitadas as publicações sobre dificuldades de aprendizagem em Física. Dentre os artigos foi possível perceber dez temáticas centrais de discussão, que são apresentadas no Quadro 3 juntamente com a quantidade de artigos que foram agrupados dentro de um mesmo tema.

Quadro 3: Relação das temáticas dos artigos sobre Dificuldades de Aprendizagem e quantidade de artigos de cada uma delas.

Temática dos Artigos	Quantidade de Artigos
Dificuldades de Aprendizagem dentro de uma temática mais geral	3
Dificuldades de Aprendizagem em resolução de problema de Física	4
Dificuldades de Aprendizagem em Física	2

Experimental	
Dificuldades de Aprendizagem em Astronomia	1
Dificuldades de Aprendizagem em Mecânica	3
Dificuldades de Aprendizagem em Hidrostática	2
Dificuldades de Aprendizagem em Óptica	2
Dificuldades de Aprendizagem em Termodinâmica	3
Dificuldades de Aprendizagem em Eletromagnetismo	11
Dificuldades de Aprendizagem em Física Moderna	2

Fonte: própria autora

Essas publicações que foram agrupados por meio de temas unificadores estão descritas na seção 2.3 e no Apêndice B.

4.3 Dos Participantes da Pesquisa

A pesquisa foi realizada com aprendizes do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), durante o ano 2017 e 2018. Com a intenção de responder ao problema de pesquisa realizaram-se entrevistas com quatro aprendizes do curso, escolhendo um aprendiz de cada período par, ou seja, do 2º, 4º, 6º e 8º período. Os aprendizes foram escolhidos apenas de acordo com a disponibilidade e interesse em participar da entrevista, não foi atribuído nenhum outro critério de escolha. Para entrar em contato, pediu-se aos professores do Instituto de Física da Universidade para comentar sobre os objetivos da pesquisa com os aprendizes destes períodos e aqueles que apresentaram interesse em participar deixaram o número de telefone para comunicação.

Após vários contatos com aprendizes de diferentes períodos do curso de Licenciatura em Física apenas cinco se disponibilizaram a participar desta pesquisa, sendo que os dados da entrevista de um deles não foi separado para análise por motivos que serão esclarecidos mais adiante. De início esperava-se um número maior de sujeitos participantes da pesquisa pela quantidade de pessoas que foram convidadas a colaborar, mas se mostrou uma tarefa árdua encontrar aprendizes interessados e/ou disponíveis.

A escolha desses períodos se deu com o intuito de compreender a percepção de dificuldades de aprendizagem em Física daqueles aprendizes que acabaram de ingressar no curso, dos que passaram pelos períodos iniciais e dos que já estão na fase de conclusão, tendo como hipótese que a percepção de dificuldade é diferente em cada período de curso. Os aprendizes do primeiro período não seriam interessantes para a pesquisa, tendo em vista que ainda não teriam experiência dentro do curso para compreender e/ou identificar suas dificuldades. Assim, foram procurados os aprendizes ingressantes que já haviam adquirido experiência inicial (2º período), aqueles que estavam completando a metade do curso, em fase de finalização das disciplinas de Física Básica e iniciado aquelas consideradas como disciplinas de nível mais avançado em Física (entre 4º e 6º período), e por fim, aqueles aprendizes em fase de finalização do curso, que já haviam passado por toda uma experiência de formação em Física (8º período).

O contato inicial foi realizado por meio das mídias sociais (Facebook e Whatsapp), onde se apresentou o perfil profissional-acadêmico da pesquisadora, o teor da pesquisa e quais suas finalidades. Mediante este contato, um encontro presencial foi marcado e o termo de concessão e autorização para a realização da pesquisa foi entregue para que os aprendizes pudessem ler e verificar se concordavam com o documento e/ou gostariam que fossem retirados ou colocados itens (Apêndice C).

Foi garantido aos aprendizes que suas identidades não seriam reveladas, por isto os nomes deles não apareceram na entrevista. O aprendiz do segundo período será chamado de Pérola, o do quarto período de Ametista, o do sexto período será Rose, e o do oitavo período de Garnet.

A entrevista com cada aprendiz se deu de modo individual, apenas a pesquisadora e o entrevistado participaram da conversa. Elas foram gravadas em áudio e transcritas manualmente, sem o auxílio de softwares, para que a análise fosse realizada. As vantagens da gravação de áudio estão relacionadas ao aparelho ser pequeno e discreto, levando o entrevistado a se sentir mais à vontade durante a entrevista. Por outro lado, o uso apenas do áudio pode ser um fator limitante quanto a falta de análise das expressões faciais e corporais do entrevistado.

Um dos aspectos importantes da pesquisa qualitativa é a interação pesquisador e pesquisado. A abordagem que o pesquisador realiza pode influenciar os participantes, e como consequência os resultados. Neste sentido, a interação com os participantes da pesquisa se deu de maneira respeitosa, com horário e local marcados de acordo com as possibilidades dos entrevistados. Buscou-se a polidez e a estima na troca de informações, respeitando o universo do pesquisado e valorizando suas opiniões e preocupações. Também foi firmada a garantia do sigilo e anonimato para que os pesquisados se sentissem à vontade para se expressarem.

4.4 Da entrevista

Na busca da resposta à pergunta desta pesquisa, optou-se pelo uso da entrevista semiestruturada. Esse tipo de entrevista possui um roteiro de perguntas, mas permite ao pesquisador realizar outros questionamentos para direcionar ou conseguir chegar ao ponto de interesse da pesquisa, sendo um instrumento mais flexível e que ajuda os assuntos a ficarem convenientemente mais abordáveis. A vantagem de se realizar entrevista é a possibilidade de captar as informações desejadas de modo praticamente imediato, mas com profundidade no tratamento dos assuntos (LÜDKE; ANDRÉ, 2015).

Para Poupart (2012) existem pelo menos três vantagens em se usar a entrevista semiestruturada: a) a realidade do entrevistado é dita por meio de sua própria linguagem; b) o entrevistado traz perspectivas de seu universo que poderiam não ser imaginadas pelo pesquisador; c) permite aprofundar mais no universo do entrevistado por não ser fechada e não apresentar limite de tempo. Mesmo que não se apreenda por completo a realidade do entrevistado, permite ir mais a fundo em sua experiência.

A entrevista qualitativa é uma forma de interagir com os atores incluídos no meio social em que se baseia a pesquisa realizada (POUPART, 2012). A interação que ocorre durante a entrevista estabelece uma relação entre pesquisador e pesquisado. Essa relação, principalmente quando a entrevista é semiestruturada e não tem uma ordem rígida a ser seguida, é fluida na troca de informações. Se o clima for estimulante para o pesquisado, ele discorrerá sobre o tema proposto, com as informações que ele detém, de forma natural e autêntica (LÜDKE; ANDRÉ, 2015). A entrevista tem esse viés fluido e de troca de informações, que para Poupart (2012)

“constitui uma porta de acesso às realidades sociais” (POUPART, 2012, p. 215). Mas, mesmo que a entrevista se dê com a fluidez que se espera, essas realidades sociais são expressadas em discursos próprios que não são facilmente compreendidos e interpretados, discursos estes que estão inseridos dentro de uma subjetividade.

A complexidade do discurso dos pesquisados é apontada como uma das grandes dificuldades de se realizar uma entrevista. Brito Júnior e Feres Júnior (2011) descrevem que cada sujeito tem sua subjetividade, com diferentes maneiras de se expressar verbalmente, e com uma forma única de refletir sobre a situação investigada. Poupart (2012) levanta que o discurso produzido durante uma entrevista não é uma construção apenas do entrevistado, mas uma colaboração entre entrevistador e entrevistado “sendo o sentido das perguntas e das respostas mútua e contextualmente construído por um e pelo outro” (POUPART, 2012, p. 245). Assim, o pesquisador não tem papel direcionado em apenas reproduzir o discurso do outro, ele também produz os dados.

É preciso ainda considerar que os discursos produzidos pelos sujeitos pesquisados estão impregnados de valores, crenças e significações sociais, que muitas vezes podem ser uma mera repetição sem reflexão dos sentidos atribuídos dentro do universo do entrevistado (FRASER; GONDIM, 2004). Por exemplo, o entrevistado pode responder que tem dificuldades de aprendizagem porque os materiais didáticos são mal elaborados e/ou porque o professor não tem uma boa didática, convém refletir se este é um discurso genuíno ou apenas uma reprodução dos discursos sociais. Neste caso, cabe ao pesquisador, que também tem suas crenças, valores e significações, buscar discernir os discursos subjetivos daqueles que buscam aprovação social.

Considerando essas concepções, realizou-se com os aprendizes uma entrevista semiestruturada com três questões norteadoras, vide Quadro 4.

Quadro 4: Questões norteadoras da entrevista.

Questão	Objetivo
----------------	-----------------

A- Em quais disciplinas você tem tido maiores dificuldades e que tipo de dificuldades?	Investigar se os aprendizes explicitam suas dificuldades de aprendizagem em alguma matéria específica e se reconhecem quais são.
B- Porque você tem essas dificuldades?	Verificar se os aprendizes explicitam em quais aspectos eles têm dificuldades de aprendizagem.
C- Como você acha que poderia ter procedido para superar essas dificuldades?	Examinar como os aprendizes superam suas dificuldades de aprendizagem e, através disto, buscar compreender que tipo de procedimentos eles realizam para processar melhor as informações.

Fonte: própria autora

Para definir estas questões, utilizou-se inicialmente de um procedimento de validação, que será apresentado com mais detalhes na próxima seção. A validação das questões norteadoras foi realizada no estilo de validação da pesquisa por pares, em que se dialoga com a comunidade acadêmica e se produz uma troca coletiva de conhecimento, atribuindo, assim, mais confiabilidade a pesquisa. Essa confiabilidade é buscada fora de um truncamento da racionalidade, mas como uma forma de buscar clareza quanto ao discurso exposto (ALVES-MAZZOTTI, 2006).

Mesmo após a validação das perguntas norteadoras pelos pares, uma entrevista teste foi realizada com um aprendiz do segundo período do curso de Física, para verificar se seria realmente possível alcançar os objetivos de cada pergunta elencada. Esta entrevista não foi colocada na análise de dados, tendo em vista que a falta de habilidades iniciais na condução da entrevista por parte do pesquisador poderia ser um fator negativo para a análise dos dados que seria realizada a posteriori.

4.5 Da Validação das perguntas Norteadoras

As questões norteadoras passaram por processo de validação pelos participantes do grupo Núcleo de Pesquisa em Tecnologias Cognitivas (NUTEC) (APÊNDICE D). Os avaliadores que participaram do processo de validação foram

pós-graduandos e professores. Antes de se chegar às 3 perguntas norteadoras que fizeram parte da entrevista, a mesma seria constituída por 7 questões, sendo elas:

- (1) Em quais disciplinas você tem tido maiores dificuldades de aprendizagem?
- (2) Que dificuldade você tem tido na disciplina?
- (3) Qual a origem dessa sua dificuldade?
- (4) O que acha que deveria ter sido feito antes de você cursar a disciplina, para que você não tivesse essa dificuldade?
- (5) Como você acha que o professor da disciplina poderia te auxiliar na superação dessas dificuldades?
- (6) Como acha que você poderia proceder para conseguir superar essa dificuldade?
- (7) O que você tem feito para tentar superar essas dificuldades?

Oito avaliadores analisaram as perguntas que seriam utilizadas como norteadoras da entrevista para: i) atribuir a qual objetivo cada pergunta se relacionava; ii) se ela estava relacionada à percepção do aprendiz em relação à sua dificuldade; iii) se era possível verificar se o aprendiz se responsabilizava por sua dificuldade ou se a atribuía a outra pessoa, tanto em relação à sua existência como para a sua solução e iv) se, com a perguntas do questionário, seria possível avaliar que solução o aprendiz adota para sanar suas dificuldades.

Após a avaliação dos questionários, as questões (1) e (2) sofreram modificações e levaram à criação da pergunta norteadora A para a entrevista (Quadro 4). A questão de número (3) foi reformulada e entrou no roteiro de entrevista por meio da pergunta norteadora B (Quadro 4). A pergunta de número (5) foi retirada, tendo em vista que os avaliadores apontaram que uma culpabilização total poderia ser atribuída ao professor. As avaliações referentes às perguntas (4), (6) e (7) ajudaram a construir a questão norteadora C do roteiro de entrevista (Quadro 4). Um retrospecto das avaliações realizadas será descrito a seguir.

À pergunta (1), sete dos oito avaliadores atribuíram a finalidade de verificar a percepção do aprendiz quanto à sua dificuldade. Um avaliador descreveu que a questão apontaria aspectos relacionados tanto à percepção, quanto à responsabilização pela existência da dificuldade por parte do aprendiz, justificando que essa pergunta pode, por exemplo, fazer o aprendiz determinar a sua dificuldade por falta de pré-requisitos, como apresentar dificuldade em Eletromagnetismo como consequência de alguma dificuldade em Física 3, quanto também pode descrever suas percepções com relação às suas dificuldades. Quando questionados sobre o objetivo da referida questão ser identificar se o aprendiz explicita normalmente suas dificuldades de aprendizagem, apenas um avaliador concordou fortemente com a afirmação, outros quatro apenas concordaram, justificando que o aprendiz mencionar que tem dificuldades nas disciplinas não demonstra que eles saibam identificar suas dificuldades em um sentido mais amplo, os outros três avaliadores declararam discordar do objetivo da questão, expondo que essa questão faria apenas com que os aprendizes levantassem onde estão suas dificuldades, e não quais são suas dificuldades de fato.

Na pergunta (2), cinco avaliadores assinalaram que os aprendizes apontariam quais seriam as suas percepções em relação às dificuldades enfrentadas; dois disseram que os aprendizes discorreriam sobre a responsabilização a algo/alguém por suas dificuldades; e um avaliador opinou que a conversa poderia se encaminhar tanto sobre a percepção do aprendiz quanto para apontamentos de solução de dificuldade, pois no momento de descrever a dificuldade, ele já poderia indicar estratégias de como superá-las. Sobre o objetivo desta questão ser identificar se o aprendiz explicita suas dificuldades de aprendizagem, quatro avaliadores concordaram fortemente com a afirmação e quatro apenas concordaram.

Tendo em vista que os avaliadores indicaram que a pergunta (1) não poderia fazer um mapeamento de que tipo de dificuldade o aprendiz enfrenta ao cursar as disciplinas, não sendo possível compreender as percepções de dificuldades apresentadas por eles, impossibilitando, assim, atingir os objetivos dessa pesquisa, e a pergunta (2) poderia permitir verificar a percepção sobre suas dificuldades, escolheu-se por unir características destas duas questões com o objetivo de investigar se os aprendizes explicitam suas dificuldades de aprendizagem em alguma matéria específica e se reconhecem quais são, através do questionamento

sobre quais disciplinas o aprendiz tem dificuldade e de que tipo, resultando na questão norteadora A (Quadro 4).

Sobre a pergunta (3), relacionada à origem da dificuldade do aprendiz, um dos avaliadores mencionou que apenas a percepção do aprendiz seria avaliada, quatro deles disseram que este questionamento levaria o aprendiz a responsabilizar algo/alguém por sua dificuldade, para eles ao descrever suas dificuldades e de onde se originaram, o aprendiz, relacionaria essas origens a algo/alguém e, dois dos avaliadores apontaram que tanto a percepção quanto a responsabilização da dificuldade poderia emergir durante a entrevista, tendo em vista que existiria a possibilidade de explicitar a dificuldade e atribuí-la, por exemplo, ao método de ensino do professor. Sobre o objetivo desta pergunta ser identificar a que/quem os aprendizes atribuem as suas dificuldades de aprendizagem, seis avaliadores concordaram fortemente e os outros dois apenas concordaram, sem discorrer comentários sobre a resposta.

Esta pergunta foi modificada quanto a sua forma e objetivos, pois devido a debate com alguns avaliadores ficou demonstrada a preocupação que as respostas para esta questão, no momento da entrevista, acabassem direcionadas apenas a um discurso de culpabilização sobre o professor. Logo, com a intenção de verificar se os aprendizes explicitam em quais aspectos eles têm dificuldades de aprendizagem optou-se por perguntar de forma direta porque o aprendiz tem as dificuldades mencionadas anteriormente em resposta à pergunta A do roteiro final de entrevista, resultando na questão norteadora B (Quadro 4).

As perguntas de número (4), (6) e (7) serão apresentadas em sequência, tendo em vista que a reflexão da avaliação realizada sobre elas levou a construção da pergunta C do roteiro final de entrevista.

A pergunta de número (4) não apresentou consenso entre os avaliadores. Nenhum deles considerou que apenas a percepção do aprendiz poderia ser avaliada durante a entrevista, dois deles disseram que seria descrito a responsabilidade da dificuldade atribuindo a algo/alguém. Três avaliadores julgaram que os aprendizes apresentariam soluções para suas dificuldades, justificando que o teor da questão o levaria a identificar mecanismos de superação. Dois avaliadores assinalaram que tanto a percepção quanto possíveis soluções poderiam ser mencionadas pelo

aprendiz, justificando que poderiam ser apontadas soluções, já que o aprendiz entende o que deveria ser feito, como apresentar a percepção das suas dificuldades como forma de melhorar o seu rendimento. O último avaliador atribuiu a finalidade desta questão tanto à responsabilização quanto à solução, mas não justificou sua escolha. Três avaliadores concordaram fortemente sobre o objetivo da pergunta ser identificar se o aprendiz revela as suas limitações para superar suas dificuldades, dois concordaram com o objetivo, e três deles discordaram, descrevendo que com esta questão apenas soluções e mecanismos para superação de dificuldades seriam apresentadas pelos estudantes.

Um avaliador analisou que a questão (6) levaria o aprendiz a discorrer sobre as percepções de suas dificuldades; outro alegou que ele falaria sobre a responsabilização a algo/alguém da sua dificuldade; e um deles, que o aprendiz, ao responder, poderia tanto atribuir responsabilização como solução para sua dificuldade por conta da estrutura da pergunta, que já leva a uma resposta que poderá corresponder a estratégias elaboradas por ele devido a essas estratégias estarem diretamente relacionadas à palavra você na pergunta, a resposta apresentaria uma relação direta com as ações do próprio sujeito. Em uma maioria, cinco avaliadores apontaram que o aprendiz, ao responder esta pergunta, levantaria soluções para sua dificuldade. A opinião dos avaliadores ficou dividida quanto ao objetivo da pergunta ser identificar se o aprendiz atribui a responsabilidade da solução das suas dificuldades de aprendizagem a si mesmo, pois 4 concordaram fortemente com esse objetivo e 4 discordaram, afirmando que a pergunta busca identificar se o aprendiz é capaz de apontar mecanismos de superação de suas dificuldades.

Na pergunta (7), um avaliador sinalizou que a finalidade desta seria o aprendiz apresentar as percepções de suas dificuldades, outro que assertivas sobre a responsabilização da dificuldade a algo/alguém seriam apresentadas, enquanto os outros seis avaliadores apontaram que a pergunta levaria o aprendiz a discorrer sobre soluções para sua dificuldade. Sobre o objetivo desta pergunta ser identificar se o aprendiz revela empenho para superar suas dificuldades, seis concordaram fortemente com a afirmativa e dois concordaram.

Essas três perguntas foram criticadas quanto aos seus objetivos pelos avaliadores, entre si elas se mostraram parecidas em relação ao quanto poderiam

revelar as percepções, responsabilizações e soluções pelas dificuldades de aprendizagem por parte dos aprendizes. Por isso, objetivando examinar como os aprendizes superam suas dificuldades de aprendizagem, buscar compreender que tipo de procedimentos eles realizam para processar melhor as informações e analisar o conhecimento metacognitivo dos mesmos, optou-se por inserir no roteiro final de entrevista a pergunta norteadora C (Quadro 4).

4.6 Categorias para a análise

Os dados foram construídos por meio dos registros emergidos da entrevista, logo, por uma interação entre o pesquisador e pesquisado, pela fundamentação teórica, e pelo contexto dos sujeitos. Por mais que exista uma proximidade entre a experiência vivencial da pesquisadora como aprendiz de um curso de Física, o pesquisado é um sujeito subjetivo que está inserido em um momento temporal próprio.

Buscou-se responder à questão desta pesquisa por meio das perguntas norteadoras, que podem ser vistas no Quadro 4. As falas dos aprendizes foram transcritas em detalhes, para assim, serem agrupadas em categorias. Esse procedimento foi realizado visando compreender as características das variáveis que emergiram durante a entrevista. Na seção da análise dos dados se apresenta alguns fragmentos da transcrição da entrevista que se inserem no contexto da pesquisa, dentro do que a fundamentação teórica permitiu.

As categorias de análise emergiram da relação entre a fundamentação teórica e o levantamento dos dados. Quatro categorias de análise serão discutidas, as duas primeiras estão relacionadas às dificuldades de aprendizagem dos aprendizes, sendo aqui denominadas de “reconhecimento das dificuldades de aprendizagem” e “dificuldades de aprendizagem em Física”, e as outras duas estão relacionadas às discussões sobre a arquitetura cognitiva dentro do processo de aprendizagem e quais são as estratégias adotadas pelos aprendizes para superar suas dificuldades, sendo elas denominadas de, respectivamente, “cognição” e “conhecimento metacognitivo”.

Na categoria denominada “reconhecimento das dificuldades de aprendizagem”, discutiu-se se os aprendizes reconhecem suas dificuldades de aprendizagem, tendo em vista que este reconhecimento é tido como fundamental

para o processo de superação (PEREIRA, 2014). Esta discussão se mostra necessária dentro da hipótese levantada de que todos em algum momento sentem dificuldades de aprendizagem. A dificuldade é uma etapa natural do processo de aprendizagem.

Dentro dos aspectos levantados pelos aprendizes sobre suas dificuldades específicas no curso de Licenciatura em Física, sejam aquelas relacionadas aos conhecimentos Físicos, sejam as relacionadas aos conhecimentos matemáticos, foi criada a categoria “dificuldades de aprendizagem em Física”. Nesta categoria os aspectos surgidos do contexto da fala dos aprendizes são discutidos dentro da perspectiva teórica das pesquisas aqui levantadas anteriormente, sobre dificuldades de aprendizagem em Física. Assim, buscam-se compreender quais são as dificuldades de aprendizagem que os aprendizes têm em Física.

Com o intuito de interpretar as causas das dificuldades encontradas pelos aprendizes, foi incluída a categoria “cognição”, em que foi evidenciado se o contexto de aprendizagem que os aprendizes estão inseridos respeita a arquitetura cognitiva dos mesmos. Considera-se que se o aprendiz tem esquemas de informações pouco estruturados, mas, dentro do processo de ensino e aprendizagem, se usa informações muito complexas, isso poderá acarretar em dificuldades de aprendizagem (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011).

O “conhecimento metacognitivo”, surge entre o reconhecimento das dificuldades de aprendizagem e a busca por sua superação. Portanto, nesta categoria foi analisado se os aprendizes têm conhecimentos sobre estratégias, objetivando entender o que fazem para superar suas dificuldades de aprendizagem. O conhecimento sobre pessoas e sobre tarefas não foi aqui analisado devido à pesquisa não fornecer este tipo de dado para discussões.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

“Deixe-me pensar: eu era a mesma quando me levantei de manhã? Tenho uma ligeira lembrança de que me senti um bocadinho diferente. Mas, se não sou a mesma, a próxima pergunta é: 'Afinal de contas quem sou eu?' Ah, este é o grande enigma.”

Lewis Carroll

Neste capítulo são apresentados os resultados desta pesquisa, que foram construídos a partir das entrevistas realizadas. Como mencionado anteriormente a entrevista englobou 3 questões norteadoras com a proposta de compreender as percepções de dificuldades dos aprendizes e o que eles fazem para superá-las. A análise foi realizada por meio de quatro categorias, previamente descritas na seção 4.6.

5.1 Reconhecimento das dificuldades de aprendizagem

Iniciou-se esta análise buscando compreender se os aprendizes reconhecem suas dificuldades. Foi possível observar que os aprendizes do segundo e quarto período demonstram um bloqueio maior em explicitar essas dificuldades, ambos apontam que têm poucas ou quase nenhuma dificuldade, considerando suas boas médias de notas e baixo índice de reprovação. Esse fato parece mostrar que a dificuldade, para eles, só acontece quando não se tem boas notas ou se é reprovado na disciplina.

Pérola: Assim, eu **não tive muitas dificuldades**, realmente minhas notas estão bem acima da média da minha sala.

Ametista: [...] acho que dificuldade, **dificuldade mesmo eu não tive** em nenhuma dessas disciplinas iniciais. Talvez um pouco de Física 2, assim, **não foi dificuldade de eu não conseguir aprender**, isso eu não tive.

Tanto Pérola como Ametista apresentam outro discurso em momento posterior:

Pérola: **Álgebra foi a disciplina que mais me pesou** e eu acho que foi mais por causa do professor mesmo.

Ametista: Agora teve **umas matérias que eu precisei estudar mais e outras que precisei estudar menos**.

Quando o aprendiz utiliza da expressão “foi a disciplina que mais me pesou” é possível notar um indicativo de que existiram dificuldades na disciplina citada e em outras disciplinas, mas Pérola não conseguiu expressar quais. Portanto, isto mostra que há um silenciamento ou desconhecimento do aprendiz sobre as verdadeiras causas de suas dificuldades. O discurso de Ametista se encontra nos mesmos

parâmetros, pois o aprendiz, mesmo dizendo não ter dificuldades de aprendizagem, reconhece que precisou se esforçar mais em alguns pontos que em outros. Isto mostra que, pelo menos para este aprendiz, a dificuldade só parece existir se for de alto grau, pequenas dificuldades que acontecem durante o processo de aprendizagem não são consideradas.

Ametista, mesmo quando reconhece ter alguma dificuldade “verdadeira”, por meio de sua expressão: “dificuldade por dificuldade mesmo”, a atribui a uma reprovação que só aconteceu por não ter feito as provas avaliativas da disciplina de Álgebra.

Ametista: Disciplina que eu tive dificuldade, dificuldade por dificuldade mesmo, eu acho que um pouco de Álgebra, porque **eu tive um problema que foi a greve**, aí quando teve a greve faltava o que? Uma semana para a prova, aí eu não... Aí eu viajei e não voltei para fazer as provas. **Por isso eu reprovei em Álgebra e Cálculo 2, porque eu não voltei para fazer as provas.**

Ainda expressando sobre suas dificuldades em Cálculo 2, a aprendiz diz:

Ametista: Mas eu não tive dificuldade **porque ela chegou no final e passou todo mundo.**

O uso da expressão “eu acho que um pouco” dentro deste contexto pode indicar relutância no processo de aceitação de que existem algumas dificuldades no processo de aprendizagem relacionado a Álgebra. Além de uma perpetuação da ideia de que só existem dificuldades quando acontece a reprovação na disciplina, associação que se encaixa dentro de um contexto de insucesso escolar. Para Gonçalves (2002), o conceito de insucesso escolar está relacionado ao resultado obtido pelo aprendiz numa situação de avaliação, se ele se saiu bem o resultado foi de sucesso, caso contrário, de insucesso. Mas para a autora, “[...] uma história de sucesso escolar pode ocultar algumas dificuldades de aprendizagem já compensadas ou que nunca chegam sequer a ser identificadas” (GONÇALVES, 2002, p. 38).

De maneira diferente dos aprendizes dos primeiros períodos do curso, aqueles dos últimos períodos não hesitam em reconhecer que possuem dificuldades.

Rose: **As principais disciplinas que eu tive dificuldade até hoje** foram, as duas principais, que foi uma matéria de Mecânica Clássica, **eu realmente tive uma dificuldade gigantesca com ela**, e Física Matemática, que é Métodos da Física Teórica que eu puxei da Física de Materiais, e essa matéria, vou te falar, **sinceramente, eu surtei.**

Garnet: Nossa, difícil. Eu tive dificuldades em Física 1, Mecânica Clássica, **tive altas dificuldades.**

Mas mesmo dentro deste discurso de reconhecimento de que eles sentem dificuldades no processo de aprendizagem, os aprendizes não reconhecem quais são. Eles citam as disciplinas que consideram ter sido, para eles, mais problemáticas, mas não conseguem gerar o discurso em que apontam em que sentiram dificuldades. Apenas um aprendiz descreve suas dificuldades processuais. Nenhum deles cita quais são os conceitos físicos em que eles têm e/ou tiveram dificuldade de compreensão. Eles conferem a causa de suas dificuldades apenas ao professor, isso pode ser uma falta de reconhecimento de suas próprias falhas, que os faz criar um discurso de transferência de responsabilidade. Observa-se que após o discurso de que possa existir alguma dificuldade vem o discurso de culpabilização do professor.

Pérola: Álgebra foi a disciplina que mais me pesou e eu **acho que foi mais por causa do professor mesmo.**

Ametista: Cálculo 3 foi complicado **porque o professor era novo.**

Rose: **Minhas principais dificuldades nas matérias foram a didática do professor e eu achar em alguns momentos não estarem sendo condizentes com o que eles passam.**

Garnet: **Eu tive dificuldade também em Álgebra, porque eu não gostava do professor,** porque todos eles eram muito chatos, todos muito utópicos em relação a disciplina e **eles não pensavam no estudante,** eles faziam as coisas para eles.

Estas dificuldades não devem estar apenas relacionadas aos professores que ministram as matérias. Este discurso de transferência de responsabilidade reforça que os aprendizes não reconhecem quais são suas dificuldades de aprendizagem, ou que não se sentem à vontade para compartilhá-las. Desconhecer ou acobertar as verdadeiras causas das dificuldades impede os aprendizes de conceberem um procedimento para tentar saná-las. Sem reconhecer essas dificuldades pouco se evolui cognitiva e metacognitivamente, já que, por existir uma falha em reconhecer quais informações já estão ou não esquematizadas na memória de trabalho, o aprendiz não consegue enxergar os pontos que devem ser estudados e/ou aprimorados. Tanto a TCC quanto a metacognição apontam que o fato de não enxergar as próprias dificuldades de aprendizagem gera como consequência a não descoberta das condições adaptativas necessárias para superá-las.

Observa-se um movimento contrário quanto à busca pela superação das dificuldades. Para Gonçalves (2002) está é uma situação chamada de

desadaptação, em que o aprendiz opta por ignorar suas dificuldades de aprendizagem. O aprendiz ao não reconhecer a dificuldade, ou ao reconhecer não procurar saná-la, demonstra um comportamento pouco adaptativo. A consequência disto é, além de perpetuar as dificuldades já existentes, criar novas.

Tanto o aprendiz do segundo período quanto aquele que estava cursando o oitavo usaram a expressão “desistir” dentro do contexto de dificuldades de aprendizagem.

Pérola: A sala de Álgebra, inclusive, tem quatro pessoas só, **todo o resto foi embora já. Fizeram a matrícula e desistiram. Nas primeiras aulas o pessoal já trancou a matrícula na disciplina.** Se eu tivesse que ir a aula, eu iria só para dormir ou desistiria.

Garnet: Eu tive dificuldade em Política e Gestão da Educação [...] Eu ralei muito assim, reprovei da primeira vez porque eu **acabei desistindo da disciplina porque eu não estava gostando.**

Mesmo no momento em que assumem a desistência, os aprendizes buscam uma maneira de contornar e amenizar o fato de que sentem dificuldades de aprendizagem. Pérola, como forma de abrandar o discurso de que está com dificuldade no processo de aprendizagem de Álgebra, inclui outras pessoas para mostrar que não está sozinha quando diz que “todo o resto foi embora já”. Já Garnet usa de outro mecanismo, dizendo que desistiu por não estar gostando. Este processo de não admitir que sente dificuldade, ou sempre justificar dentro de alguma outra questão que não se está unicamente inserido, pode não ser apenas falta de conhecimento sobre as próprias dificuldades, mas sim um discurso coletivo dos aprendizes, o que demonstra um comportamento que surge do contexto social. Possivelmente tal discurso está relacionado com o conceito que os aprendizes têm do que vem a ser dificuldade de aprendizagem. Para eles, pode significar insucesso e fracasso, por isso se torna tão difícil admitir que sentem dificuldade no processo de aprender. Garnet corrobora com esta suposição quando diz “O processo de aceitação que você está com dificuldades é muito difícil”.

5.2 Dificuldades de aprendizagem em Física

Os aprendizes, mesmo não reconhecendo explicitamente suas dificuldades de aprendizagem, citam as disciplinas em que acreditam ter tido dificuldades. Não foram citadas apenas as disciplinas de Física. No Quadro 5 é possível verificar que os aprendizes apontam dificuldades nas disciplinas relacionadas a Matemática, e um deles diz ter dificuldades em uma disciplina da carga pedagógica do curso.

Quadro 5: Relação de dificuldades apontadas pelos aprendizes.

Aprendiz	Dificuldades citadas
Pérola	Álgebra
Ametista	Álgebra, Cálculo 3 e Física 2
Rose	Mecânica Clássica e Física Matemática
Garnet	Cálculo 1, Álgebra, Física 1, Mecânica Clássica, Mecânica Quântica e Política e Gestão da Educação

Fonte: Própria autora

Os aprendizes, respectivamente do segundo, quarto e oitavo período, citaram dificuldades em Álgebra Linear. Eles não conseguem descrever com clareza os pontos específicos em que sentem dificuldades. Apenas Pérola expressa uma fala que pode indicar dificuldade com a linguagem utilizada dentro do processo de ensino e aprendizagem de Álgebra.

Pérola: E eu acho que ele (o professor de Álgebra) **dá a aula como se fosse para matemático, só teoria pura**, e a gente não é acostumado com isso.

Lozano e Cardenas (2002) apresentam em sua pesquisa a relação das dificuldades de aprendizagem em Física com a falta de compreensão da linguagem da matemática. Os autores reforçam que a linguagem, seja a lógica ou a lexical, é elemento fundamental para a aprendizagem do conhecimento científico. É problemático estabelecer uma comunicação com os aprendizes se eles não tiverem aprendido anteriormente as habilidades básicas que são necessárias para a compreensão daquela linguagem. A dificuldade de Pérola parece se enquadrar neste ângulo. Quando ela usa a expressão “dá aula como se fosse para matemático” pode ser uma forma de dizer que a linguagem utilizada no processo de ensino e aprendizagem não é adequada para que possa ser entendível.

Esta questão da incompatibilidade da linguagem matemática que é utilizada no processo de ensino e aprendizagem também é vista na fala dos aprendizes sobre as disciplinas de Cálculo.

Ametista: Agora Cálculo 3 foi aquele problema com o professor, **ele não sabia explicar, a letra dele era ilegível** e você tinha que ficar decifrando ou perguntando para ele.

Garnet: Eu tive grande dificuldade em Cálculo 1 também, muita, muita dificuldade, foi uma disciplina que eu, sei lá, **você não está acostumado**

com aquele tanto de operação estranha e do nada tem que fazer um limite, uma derivada.

Lozano e Cardenas (2002) fazem uma citação de Samaja (1993, p.79) que descreve e sintetiza essa questão: “Os limites da minha língua significam os limites do meu mundo”. Mesmo que talvez os aprendizes não entendam de maneira consciente a dificuldade em compreender a linguagem utilizada no ensino e aprendizagem das disciplinas da carga teórica relacionada a Matemática, eles a apresentam em seus discursos.

As dificuldades relacionadas a Física apresentam características diferentes, as questões de linguagem não aparecem da mesma forma que para as disciplinas relacionadas a Matemática. Garnet é a única aprendiz que fala sobre suas dificuldades de maneira mais descritiva, mesmo que o faça de modo simplista e em aspectos mais gerais. Quando Garnet descreve suas dificuldades em Física 1, que compreende os estudos relacionados a Mecânica Básica, ela destaca que:

Garnet: Eu tinha muita dificuldade em interpretar os conceitos, muita dificuldade em analisar a situação física e resolver o problema.

Essas dificuldades parecem estar relacionadas ao conhecimento quanto ao procedimento de resolução de problemas. Torre e Jiménez (1996a, 1996b) concluíram dos dados de sua pesquisa que as dificuldades relacionadas a resolução de problemas estão ligadas à falta de conhecimento procedimental e também teórico, tendo em vista que o aprendiz não consegue colocar em prática o que foi aprendido. Dentro destas considerações, poderia ser inferido que o aprendiz que tem dificuldades em resolução de problemas as tem em todo conhecimento relacionado a Mecânica Básica, mas por questão de insuficiência de dados para se fazer uma alegação como esta, apenas pode ser dito o que está facilmente visível.

Em Mecânica Clássica os problemas ressaltados por Garnet são os mesmos, mas desta vez ela inclui as dificuldades em compreender a nova linguagem utilizada para expressar os conceitos físicos.

Garnet: Depois veio Mecânica Clássica, eu tive muita dificuldade nessa disciplina, eu fiz ela duas vezes, foi a mesma coisa (relação com Mecânica Básica), só que a diferença é que em Física 1 você trabalha só com Mecânica Newtoniana e lá na frente você trabalha com Lagrange e Hamilton. Então aí era interpretar a situação física só que usando uma outra linguagem para expressar ela, e o problema estava em interpretar a situação física do mesmo jeito, acho que essa foi a maior dificuldade.

As dificuldades em compreender Mecânica Básica, assim como a linguagem matemática aprendida em outras disciplinas podem não ter sido superadas, o que faz com que o aprendiz tenha dificuldades em compreender e resolver situações mais complexas no decorrer do curso de Física. Rezende e Barros (2001), assim como Lozano e Cardenas (2002), destacam a importância de aprender os conceitos iniciais para que se forme uma base conceitual sólida e o processo de aprendizagem tenha menos encaixos. As dificuldades de Garnet, tanto em Mecânica Básica como na Clássica, principalmente quando se observa que não existem muitas especificidades nas descrições de suas dificuldades, reforça que existe uma lacuna entre reconhecer onde estão as dificuldades e saber como superá-las.

O outro aprendiz que expressa ter dificuldades em Mecânica Clássica não o faz de maneira semelhante a Garnet. Rose acredita que suas dificuldades em Mecânica Clássica e Física Matemática foram as mesmas, para ela a dificuldade está centrada na relação professor-aprendiz, a aula que o professor ministra não condiz com a avaliação. Para Charlot (2000) o significado que o professor dá para o aprender é diferente daquele que é dado pelo aprendiz. O aprendiz pode considerar aprender o fato de fazer os exercícios e trabalhos, ler os materiais, compreender mesmo que sem memorizar, ou qualquer tempo que ele despense para atender as demandas estudantis, aprender pode ser tirar boas notas e passar de ano. Para o professor, aprender pode ser todo um processo que envolve a compreensão, a memorização, a capacidade de aplicar, explicar ou reproduzir as informações. Por isso, esses conflitos na relação professor-aluno são recorrentes.

Nesta pesquisa não é possível discutir os aspectos entre o professor e o aprendiz, tendo em vista que não se acompanhou essa relação, mas é possível inferir que pelo menos para uma das partes, no caso os aprendizes, é dada muita importância para a resolução de problemas do tipo com “cálculos matemáticos”, apenas Garnet aponta preocupação em compreender a situação física envolvida.

Rose: Minhas principais dificuldades nas matérias (Mecânica Clássica e Física Matemática) foram a didática do professor e eu achar que os professores, em alguns momentos, não estarem sendo condizentes com o que eles passam. Se em algum momento da lista ele pediu para o aluno calcular bhaskara, eu não posso chegar na prova e pedir para ele calcular algum termo matemático que eu não pedi antes, alguma coisa que ele tire da cartola porquê... Porque eu acho assim, o cara vai conduzir o estudo do aluno, o professor serve para conduzir, ele tem que assumir algumas coisas que o aluno tem que saber? Concordo, desde

que ele tenha falado e/ou mostrado em algum exercício que esse aluno tem que ter esse conhecimento a priori.

A primeira observação está na demonstração, por parte dos aprendizes, da pouca preocupação com o conhecimento teórico. Tanto Rose como Garnet demonstram priorizar a resolução de problema quando usam de expressões como “resolver o problema” ou “calcular algum termo matemático”. Isto se reforça pelas falas de Ametista, quando ela descreve suas dificuldades em Física 2, que inclui os conceitos de Ondas e Termodinâmica. Ela descreve suas dificuldades apenas no que diz respeito a resolução de exercícios.

Ametista: Em Física 2 tinha muitas fórmulas, a segunda prova de ondas se você fosse colocar todas as fórmulas assim, ia dar meia página de fórmula. Aí para decorar tudo era chato.

As causas para isso são nebulosas, é possível criar algumas hipóteses que corroboram com a pesquisa apresentada por Brosseau (1993): a) pouco se foca em conceitos no processo de ensino e aprendizagem; e/ou b) pouca reflexão é realizada sobre os conceitos físicos; e/ou c) existe uma preocupação dentro do processo de ensino e aprendizagem que é focada na aplicação matemática e uso de equações. Ou ainda, os aprendizes podem julgar os conceitos teóricos como muito simples, e por isso consideram que não precisam se preocupar. Ametista, por exemplo, destaca que só foi aprovada na disciplina de Física 2 porque o professor mudou o tipo de avaliação que antes era com “muito cálculo” e depois passou a ser de “conteúdo”.

Esta fala pode reforçar as dificuldades que os aprendizes têm em relação a linguagem matemática, como já descrito anteriormente. Pois, quando Ametista usa a expressão “para decorar tudo era chato”, pode indicar que a aprendiz busca memorizar as fórmulas como uma forma de automatizar os conceitos relacionados a linguagem matemática. Isto também pode ser um indicativo de que os aprendizes tratam os fenômenos complexos de maneira frágil e fácil, assim como Silva e Silva (2015) apontam em sua pesquisa sobre óptica geométrica.

A segunda observação realizada ao analisar o discurso de Rose sobre suas dificuldades em Mecânica Clássica e Física Matemática foi que apesar de, em um primeiro momento, o aprendiz acusar os professores por suas dificuldades, posteriormente ele admite sua parcela no processo de aprendizagem.

Rose: Eu também não posso negar, que nessas duas matérias que eu disse, **dois pontos essenciais para que eu tenha sentido dificuldade foi base**, tinha muita coisa ali que se eu tivesse tido antes, se eu tivesse visto antes, eu tivesse corrido atrás antes... **Foi um pouco de falha minha, então assim, eu não vou atribuir 100% a culpa ao professor, parte é minha.**

Dentro deste contexto conflitivo o aprendiz volta a se expressar sobre sua relação com si, com o professor e suas dificuldades.

Rose: O que eu acho ruim é o não condizer na prova, não a matéria em si. **A minha dificuldade da matéria, às vezes atribuo ao professor e às vezes atribuo a mim. Eu não sei se é porque eu não vi aquilo antes, eu não sei se eu posso culpar o curso ou se eu posso culpar a mim que não estudou, mas algumas matérias eu senti um pouco de dificuldade nisso ou naquilo, além das duas, mas por falta de base**, eu senti isso quando eu entrei na universidade e tive que fazer cálculo, então você vai... **Parece que é uma bola de neve, você vai levando, aí você tem que aprender algumas coisas na marra.** Mas, em algumas partes é minha também, algumas partes eu não consegui entender, eu tenho que ir atrás. **A minha dificuldade é ir atrás, eu acho que isso é necessário, você sentir um pouco de dificuldade. Nem tudo vai ser fácil.**

Parece que o aprendiz, no momento da entrevista, foi construindo uma reflexão a respeito de suas dificuldades. A forma confusa como vai produzindo o seu discurso, ora descrevendo o papel do professor sobre a sua dificuldade, ora descrevendo o seu papel, para em seguida dizer que não sabe de quem é a culpa por suas dificuldades e depois concluir que é tudo bem sentir dificuldade, pode demonstrar que ele saiu do discurso comum de seu contexto social e conseguiu criar outro contexto para si.

Dentro deste processo de reflexão do aprendiz também é possível perceber que ele começa a reconhecer outros momentos em que sentiu dificuldade, e quando ele diz “A minha dificuldade é ir atrás, eu acho que isso é necessário, você sentir um pouco de dificuldade”, é um momento de percepção das suas falhas, e também que sentir dificuldade não é ruim, não é relacionado a fracasso nem insucesso, como pôde ser observado em momentos anteriores. Mesmo que estes fatores não demonstrem as dificuldades específicas de Física, eles podem indicar que talvez a não superação das dificuldades estejam relacionadas à falta de reflexão sobre elas.

Gonçalves (2002) descreve que no sistema educativo, os professores e aprendizes precisam compartilhar quais são suas concepções de aprendizagem, avaliação, do sentimento de dificuldade de aprendizagem. Para a autora, sem essa discussão e reflexão entre os atores do ambiente educacional “tudo pode mudar sem que realmente nada mude” (GONÇALVES, 2002, p. 10).

Dentro da fala de Rose, apresentada logo acima, também se destaca o fato dela atribuir a “a falta de base” as suas dificuldades de aprendizagem. Garnet apresenta este mesmo discurso quando conta sobre suas dificuldades em Mecânica Quântica e Política e Gestão da Educação, mas ela usa as expressões “a gente não está treinado a fazer” ou “era tudo novo” e ainda “ninguém nunca falou disso para você na sua vida”.

Garnet: Eu tive dificuldade em Política e Gestão da Educação, sei lá, olhar as coisas de uma perspectiva política **não é uma coisa que a gente está treinado a fazer** também, então **para mim era tudo novo** assim.

Garnet: Eu tive dificuldade em Mecânica Quântica também, eu passei liso, mas **é muito conceito novo que você não está acostumado** [...] Agora Mecânica Quântica não, **ninguém nunca falou disso para você na sua vida**.

Este tipo de dificuldade não dá margem para compreender de forma aprofundada sobre as causas das dificuldades nos conhecimentos relacionados a Mecânica Quântica e Política e Gestão da Educação, apenas faz perceber o que é visivelmente pensado quando se inicia um planejamento de aula ou estudos, que é a importância da aprendizagem dos conceitos básicos necessários para o avanço nos estudos e compreensão de novos conceitos. Um dos próprios aprendizes expressa este tipo de pensamento, como pode ser visto abaixo:

Rose: Eu não posso chegar em Clássica sem saber Física 1, não posso chegar em Clássica sem fazer uma derivada.

Em síntese, os aprendizes não conseguem expressar especificamente quais são suas dificuldades em Física, mas parece não haver um momento de reflexão sobre quais são suas dificuldades. A percepção que se tem é que acontece, na maioria das vezes, uma perpetuação de um discurso de transferência de responsabilidade e de fugir das dificuldades. Considerando estas duas hipóteses, pode-se enxergar uma relação intrínseca entre a falta de reflexão sobre as próprias dificuldades de aprendizagem e o discurso coletivo que abrange o meio social dos aprendizes.

5.3 Cognição

Por meio da análise de dados foi possível perceber características implícitas que levam a compreender como o contexto em que os aprendizes estão inseridos pode favorecer ou não a aprendizagem.

O primeiro ponto a ser discutido está relacionado ao nível de experiência em que se encontra o aprendiz e a influência disso no processo de aprendizagem. Durante a aprendizagem de novos conceitos, a memória de trabalho utiliza dos esquemas já armazenados na memória de longo prazo para fazer relações e encontrar resultados, logo, a quantidade de conhecimentos armazenados na memória de longo prazo irá determinar o nível que o aprendiz se encontra na aprendizagem dos conceitos. Caso o aprendiz não tenha esquemas armazenados na memória de longo prazo para auxiliar na aprendizagem dos conceitos novos, ele é um novato. Se o aprendiz possuir alguns esquemas armazenados e encontrar algumas dificuldades na aprendizagem porque os conceitos não estão automatizados, ele é um intermediário. Por fim, se os aprendizes não apresentam dificuldades no momento de discutir os conceitos, eles são considerados especialistas (CASASSANTA, 2017).

Os aprendizes desta pesquisa serão considerados como novatos. O uso das expressões “lia e não entendia nada” e “acha que tem que ter todo conhecimento antes”, por exemplo, são indicativos de que os aprendizes não têm os esquemas armazenados para discutir conceitos sem demonstrar dificuldades.

Garnet: [...] por mais que eu pegasse um livro, **eu lia várias vezes e não entendia nada.**

Rose: Não soube assimilar, **acha que a gente tem que ter todo o conhecimento antes e unir com a matéria sem ter treinado antes,** é ridículo.

Assim, de acordo com o princípio de armazenamento da informação, para estes aprendizes, a aquisição de novos conhecimentos só será realizada por meio de um grande esforço consciente. A medida que eles forem automatizando os esquemas na memória de longo prazo os conhecimentos serão utilizados de forma a exigir menos esforço. Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) descrevem que a melhor forma para aprendizes novatos e intermediários aprenderem novos conceitos é por meio das informações mais diretas, detalhadas e integradas, fazendo uso de exemplos resolvidos para auxiliar os aprendizes a criarem esquemas de resolução. O auxílio do professor pode ser gradativamente reduzido conforme o aprendiz for ficando mais experiente.

É possível perceber que o nível em que o aprendiz se encontra é pouco considerado no processo de ensino e aprendizagem, e é preciso ter em vista que um

aprendiz novato tem mais dificuldades e processa as informações de uma maneira diferente do professor que já é um especialista. Pérola, por exemplo, quando expressa que o professor de Álgebra “dá aula como se fosse para matemático” dá um indício de que ela não tem esquemas automatizados para conseguir acompanhar a aula. O aprendiz ainda reforça a dificuldade de compreender as informações quando descreve que o professor utiliza de fala acelerada no momento das aulas. Garnet usa a expressão “a gente estava lá sem entender nada” que também pode levar a indícios de que seu nível como aprendiz não é respeitado. Outro exemplo é quando Rose diz que o professor não considerou seus conhecimentos anteriores durante o processo de ensino.

Pérola: O jeito que o professor fala, assim, eu acho que ele tem ansiedade, **ele fala muito, muito rápido.**

Garnet: Não sei, estava tudo lindo maravilhoso, eles (professores) achavam a álgebra linda, **mas a gente estava lá sem entender nada.**

Rose: [...] o professor pediu para achar o coeficiente angular lá em uma matéria de laboratório que eu tive e já **assumiu que eu saberia, sendo que nenhum exercício antes ele tinha pedido isso.**

Se o aprendiz é novato e possui alguma falta de esquema sobre determinado assunto, ou ainda não tem todas as informações necessárias para compreender determinado conteúdo, é preciso entender que, por exemplo, falar rápido pode sobrecarregar a memória de trabalho deste aprendiz que possui poucos esquemas. Como dito anteriormente, a memória de trabalho, quando as novas informações são recebidas, já é limitada quanto à sua capacidade e duração. Se a memória de trabalho não conta com esquemas já armazenados na memória de longo prazo, os muitos elementos de informação podem não ser suportados pela memória de trabalho e sua capacidade será ultrapassada, causando neste aprendiz uma sobrecarga cognitiva que acarreta em dificuldades no processo de aprendizagem.

O princípio do empréstimo e reorganização reforça a importância do professor no processo de aprendizagem, mas também das informações que o aprendiz já dispõe em sua memória de longo prazo. Para o armazenamento de informações na memória de longo prazo é preciso que peguemos as informações “emprestadas” por meio da instrução, ou seja, obtemos as informações de outras pessoas, essas informações são reorganizadas de acordo com o conhecimento adquirido e o que já temos armazenado na memória de longo prazo, construindo assim um novo esquema. Esse novo esquema apresenta informações diferentes daquelas que

foram ensinadas por meio de instrução, exatamente pelo fato de a nova informação reorganizar as informações já adquiridas pelo aprendiz.

Garnet, quando descreve suas dificuldades em Mecânica Quântica e Política e Gestão da Educação, demonstra o quanto informações novas podem ser difíceis de serem assimiladas pelos aprendizes, visto que ela utiliza de expressões como “para mim era tudo novo assim” ou “ninguém nunca falou disso para você na sua vida” para justificar suas dificuldades de aprendizagem nos conceitos apresentados nestas disciplinas. É possível perceber que existe uma relação entre a dificuldade e a falta de esquemas sobre o novo conceito. Um aprendiz novato terá mais dificuldades para processar as novas informações, principalmente se ele não conseguir relacioná-las com esquemas que ele já possui em sua memória de longo prazo.

Existe um limite quanto à capacidade e duração da memória de trabalho para a quantidade de informações novas e não organizadas que o sistema de processamento pode manipular. Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) citam que existem autores que descrevem que o sistema de processamento pode armazenar até sete informações novas na memória de trabalho, outros mencionam que são até quatro. Para os autores, pensando pelo viés instrucional, esse número não é relevante, o importante é compreender que a memória de trabalho é limitada em sua capacidade e duração para armazenar informações novas advindas dos processadores sensoriais. Um exemplo disto é quando Ametista descreve que teve dificuldades em Física 2 devido a quantidade de informações que era exigido que ele assimilasse durante o processo de ensino e aprendizagem. Pérola também destaca que não conseguia acompanhar as informações dadas pelo professor na disciplina de Cálculo 1.

Ametista: A aula de Física 2, **eu tive dificuldades pelo tanto de conteúdo que ele passava**, a aula era muito boa, mas aí estudar para a prova ele falava para resolver todos os exercícios do Halliday, **aí eram 100 exercícios. Não dá para resolver aquilo tudo antes da prova** sendo que você tem outras disciplinas para fazer.

Pérola: Ele (o professor) não pode chegar e já ir lá para a frente (sobre cobrar dos aprendizes conceitos que eles ainda não conhecem). Aconteceu isso com o nosso professor de Cálculo do primeiro semestre, porque **ele chegou dando matéria como se a gente já soubesse de tudo.**

Rose também demonstra momentos em que se sentiu sobrecarregada com a quantidade de tarefas.

Rose: [...] todo mundo esquece a super carga horária que a gente tem, a gente tem que ficar surtado, **pensar em quinhentas coisas**, e não é só a matéria dele, aí o professor passar trabalho aqui, trabalho ali, e **você tem que fazer quinhentos trabalhos ao mesmo tempo, e aí tem que pensar em outra coisa** [...].

Para aprendizes com pouco conhecimento prévio é mais interessante investir em tarefas parciais, pois isso reduz a carga cognitiva intrínseca: primeiro, são deliberadas tarefas com níveis menos complexos e, à medida que a experiência do aprendiz for aumentando, o nível das tarefas vai se tornando mais complexo, com um maior nível de interatividade de elementos. Quando o material ou a instrução é muito complexo para o nível do aprendiz, as dificuldades se tornam intransponíveis. Pérola relata um momento em que a mudança do uso de um material menos explicativo para um mais explicativo fez com que o nível de complexidade dos conceitos diminuísse.

Pérola: [...] eu ficava lendo os livros e não entendia, aí eu mudava de livro para se outro era diferente. [...] eu fui mudando de livro, **até que peguei um livro [...] 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 Moisés não era só importante você saber que ele se conserva, mas porque ele se conserva, então tem toda uma teoria por trás.

No processo de ensinar para aprendizes novatos e intermediários, a forma de apresentação dos conceitos deve ser pensada para que não aconteçam sobrecargas cognitivas. Essa dificuldade para compreender materiais muito complexos para o nível em que se encontra o aprendiz só é amenizada quando se reduz a carga cognitiva intrínseca. Uma forma de reduzir essa carga seria desenvolver o esquema por seções, em um sistema de progressão de instrução da tarefa mais simples para a mais complexa. Por exemplo, se o aprendiz não consegue resolver um problema, deve-se considerar resolver um exemplo passo a passo junto ao professor e depois apresenta-lo a situações semelhantes para que ele possa automatizar conhecimentos que o ajudem a armazenar esquemas na memória de longo prazo, facilitando assim a compreensão de problemas mais complexos.

Ametista quando fala de suas dificuldades em Cálculo 3 dá indícios da importância do uso do sistema de progressão para sua aprendizagem.

Ametista: Ele (professor de Cálculo 3) não resolvia as questões, tipo, **quando ele dava exemplos ele não resolvia a questão inteira**. Ele resolvia uma ou duas linhas e **dizia: ah, agora isso aqui é coisa de 2ª série, vocês podem resolver**.

Na utilização de exemplos resolvidos, Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) dizem que em um primeiro momento o professor deve resolver passo a passo o problema, para que depois o aprendiz consiga solucionar o problema sozinho. Este sistema é uma forma de auxiliar aprendizes novatos no armazenamento de esquemas na memória de longo prazo. O uso de problemas a completar, como estes que segundo Ametista foram utilizados em Cálculo 3, é mais indicado quando os aprendizes já têm alguns conceitos-chaves armazenados para resolver os exercícios. Ambos os procedimentos impõem uma carga cognitiva baixa na memória de trabalho.

Os aprendizes também utilizam outro meio para diminuir a complexidade das tarefas, que é trabalhar coletivamente. Para a Teoria da Carga cognitiva, o trabalho coletivo ajuda a reduzir a carga cognitiva imposta. Pérola e Ametista, os aprendizes dos períodos iniciais, destacam o uso do método.

Pérola: No semestre passado, na disciplina de Geometria Analítica, o professor tinha feito só uma aula de exercícios, era um sábado e pouca gente veio, aí na semana seguinte, como eu tinha ido na aula, o pessoal pediu para eu passar os exercícios, ao fazer aquilo, eu percebi que eu **aprendi muito mais, só de ir resolvendo e ensinando para eles, do que na própria aula que eu tive com o professor.**

Ametista: Normalmente **o início eu gosto de estudar em grupo**, assim quando você está assimilando a matéria ainda [...] somos um grupo de uns 5, por aí, que a gente estuda sempre junto, aí a gente vai assimilando.

A pesquisa sobre o trabalho coletivo não aponta dados conclusivos, tendo em vista que nem sempre ele é eficiente, em alguns momentos o aprendiz pode apenas se aproveitar das colaborações sem realmente se envolver no processo de aprendizagem e/ou se tornar dependente dos colegas para prosseguir os estudos. Mas, ainda sim, é importante considerar o trabalho coletivo para reduzir a sobrecarga cognitiva em tarefas complexas (RAUBER, 2016).

Outro ponto a ser discutido é sobre o fato de os aprendizes atribuírem suas dificuldades ao nível de abstração que envolve os conceitos físicos.

Pérola: Nessa aula de Álgebra **o conteúdo é muito abstrato e eu não conseguia idealizar** o que ele (professor) estava falando.

Ametista: Em Álgebra **eu tive muita dificuldade para abstração.**

Rose: Se a gente for parar para pensar, principalmente nessas duas matérias, **uma é muito mais abstrata** (explicação do porque tem dificuldades).

Essa descrição sobre a dificuldade em lidar com conteúdo abstrato é um relato sobre a dificuldade em conteúdos lógico-abstratos, tendo em vista que todo

ser humano com saúde e funções cognitivas preservadas desenvolve, desde a infância, a habilidade de abstração, mesmo que em uma forma mais simples. A dificuldade em conteúdos lógico-abstratos requer a existência de esquemas mais elaborados.

De acordo com o Efeito da Imaginação, técnicas que exigem essa abstração podem não ser eficazes para alunos novatos por eles possuírem pouco conhecimento que os ajudem a imaginar os elementos necessários. Isso decorre do princípio do estreito limite de mudança: a informação é nova e, como decorrência disto, a memória de trabalho é mais limitada quanto à capacidade e duração, tornando a habilidade de abstração sobre aquele conteúdo praticamente impossível. Segundo Sweller, Ayres e Kalyuga (2011), para fazer uso de instrução que envolve imaginação de conceitos os aprendizes devem armazenar esquemas na memória de longo prazo antes de tentar realizar o processo de abstração. As informações devem estar armazenadas para que a memória de trabalho consiga acessá-las e processá-las enquanto os aprendizes imaginam. Logo, para que se possa imaginar os conceitos, eles devem estar armazenados na memória de longo prazo, assim a memória de trabalho terá os recursos necessários para permitir que os aprendizes imaginem. Ametista indica que as dificuldades em Cálculo 3 foram menores por acreditar ter desenvolvido habilidades de abstração em Álgebra.

Ametista: Foi muito complicado começar a entender, o bom é que **depois que começa você vai caminhando**, mas o início é bem complicado por causa da abstração. **Mas aí, quando cheguei em cálculo 3 essa dificuldade eu não tive.** De imaginar em 3D, desenhar... Eu não tive mais.

O efeito da interatividade do elemento descreve que quanto maior o nível de interatividade dos elementos, maior é a dificuldade para compreensão daquele assunto, e quando a memória de trabalho tem seu limite excedido, o conhecimento não é entendido pelo aprendiz. Isso só deixará de acontecer quando o aprendiz já tiver alguns elementos incorporados a esquemas da memória de longo prazo, tratando todas as informações como um único elemento. Elementos com grande nível de interação entre si causam impedimentos para o entendimento do que está sendo estudado. Disto decorrem as dificuldades em compreender conceitos mais abstratos. A dificuldade de processar esse tipo de elemento só melhora de acordo com a experiência do aprendiz; quanto mais experiente ele for, menor dificuldade ele sentirá.

O pouco conhecimento prévio dos aprendizes tem como consequência essa incapacidade de agrupar e dividir elementos de informações em esquemas mais organizados, e isto faz com que a carga cognitiva intrínseca nesse processo seja elevada. Por exemplo, quando Ametista expressa que em Física 2 era chato ter que decorar muitas fórmulas, a expressão “decorar” mostra que ela ainda busca automatizar esquemas na memória de longo prazo. Isto pode ser um indício de que a quantidade de elementos interativos envolvidos para compreender a linguagem matemática ainda são altos, causando à aprendiz dificuldades no processo de aprendizagem. Essa dificuldade pode ser solucionada com o aumento da experiência, e para reduzir a carga cognitiva intrínseca será preciso adquirir e desenvolver o conhecimento prévio antes de estudar determinada informação. Por isto, Ametista teve menos dificuldades em Cálculo 3 do que em Álgebra.

Com o que foi dito até aqui, se deduz que os aprendizes participantes desta pesquisa passam por um processo de ensino que muitas vezes os levam a momentos de sobrecarga cognitiva. Isto se deve à falta de compreensão, pelos atores do processo de ensino e aprendizagem, sobre o nível de experiência que os aprendizes têm em cada etapa do curso de Licenciatura em Física. Para Gonçalves (2002):

Um planejamento adequado, uma seleção criteriosa de conteúdo e estratégias pedagógicas, pode prevenir ou ajudar a superar com maior eficácia as dificuldades que naturalmente surgem em todas as situações de aprendizagem e de mudança conceitual (GONÇALVES, 2002, p 103).

Logo, parece que utilizar-se do efeito do enfraquecimento da orientação é o melhor para estes aprendizes, pois assim respeita-se de início que o aprendiz é um novato, usando de uma explicação mais detalhada e com uma instrução mais explícita, para que, de acordo com que ele for se tornando mais experiente, seja possível a redução gradativa do nível desta instrução, estimulando a independência do aprendiz durante o seu processo de aprendizagem.

5.4 Conhecimento metacognitivo

Apesar dos aprendizes não apresentarem consciência sobre suas dificuldades de aprendizagem e dos processos de aprendizagem que os favorecem melhor, eles demonstram ter conhecimentos metacognitivos primários sobre os procedimentos de estudos que contribuem para que eles aprendam com mais facilidade.

Os aprendizes dos primeiros períodos, Pérola e Ametista, apresentam estratégias de estudos parecidas, que se baseiam em resumos, fichamentos e resolução de exercícios.

Pérola: 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 exercícios do livro também.**

Ametista: Para estudar **eu faço um resumo da matéria, aí os professores passam lista, eu resolvo a lista de acordo com o resumo.**

O uso de resumos e fichamentos é uma forma de automatizar os conceitos e criar esquemas, sendo consciente ou não estas são estratégias adotadas pelos aprendizes para alcançar seus objetivos de aprendizagem. Este tipo de estratégia também facilita a organizar os pensamentos de maneira mais sistematizada, e, como consequência, potencializa a cognição dos aprendizes. Ametista descreve como o uso de fichamentos auxiliou na evolução da organização dos seus pensamentos.

Ametista: Eu sempre tive dificuldade em como ordenar as coisas, o primeiro fichamento eu meio que só copiei, ficava aqueles fichamentos gigantes, ficava chato. **Mas aí no final eu conseguia sintetizar mais as coisas.**

O uso de resumos como estratégia para aprender conceitos é o tema de pesquisa de Thiede e Anderson (2003). Eles analisaram a relação entre a estratégia de fazer leitura e resumo, e a eficiência para a compreensão da leitura. Para isso, dividiram os aprendizes em dois grupos, um deles lia e fazia resumo do conteúdo e o outro apenas lia o conteúdo. Após, aplicaram uma avaliação para analisar qual dos grupos apresentaria melhor desempenho e constataram que o grupo que fez os resumos apresentou melhores resultados. Talvez este seja o caso dos aprendizes desta pesquisa, eles testaram e se adaptaram a esta estratégia por acreditar que ela lhes proporciona melhores resultados.

Outra estratégia adotada por estes aprendizes é resgatar informações já automatizadas e esquematizadas anteriormente como forma de utilizá-las no processamento de uma tarefa mais complexa. Os aprendizes, no geral, compreendem a técnica de começar pelos passos simples e necessários para compreender as novas informações mais complexas.

Pérola: [...] eu **fui atrás de uns conceitos do ensino médio** que eu tinha perdido [...] Antes de começar o curso eu já procurei um pouco.

Ametista: Vou fazer Mecânica Clássica, ai já peguei os livros e vou dar uma revisão em Física 1.

É possível notar que eles possuem estratégias metacognitivas que ajudam no planejamento de seus desempenhos nos estudos dos conceitos. Pelo menos a estratégia que utilizam em cada tarefa é realizada de maneira consciente, e os aprendizes parecem acreditar que estas são as decisões apropriadas para produzir os resultados que desejam. De acordo com Blakey e Spence (1990) podemos inferir que, quanto ao conhecimento sobre estratégias, os aprendizes apresentam aspectos eficientes para o processo de aprendizagem. Eles buscam relacionar informações novas e antigas quando dizem que vão atrás de conceitos anteriores; selecionam estratégias para alcançar objetivos, como usar resumos para automatizar os conceitos; e demonstram que isso é uma forma de organizar os pensamentos de maneira sistematizada.

Os aprendizes do sexto e oitavo períodos descrevem ainda várias estratégias que eles utilizam, demonstrando que sabem quando estas auxiliam a sua aprendizagem e quando não são eficazes. Assim é possível ver indícios do papel das experiências metacognitivas e como isto pode auxiliar na adaptação do melhor tipo de estratégia para superar as dificuldades (FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999).

Rose: Esse período não funcionou tanto, mas teve matérias que eu fui fazendo o resumo e aprendendo, e isso me ajudou bastante. **Pegar o livro, resumir, tentar fazer um resumo, tentar reler o que o professor passou, olhar os exercícios que ele passou, as notas de aula, misturar o que ele passa em aula com o conteúdo do livro. Olhar o livro. Como é Física você tem que pegar e ir na mão, porque é no treino que você vai começar, não é só bater o olho se você não tiver o treino.**

Garnet: Eu, no começo do curso, não tinha vontade de fazer nada [...] Depois eu tentava procurar as coisas na internet para estudar que falassem do tema de forma mais discorrida ou mais simples, aí depois eu pegava o livro que o professor estava usando na disciplina e tentava estudar um pouquinho com ele, resolver os exercícios.

Em outro momento eles descrevem:

Rose: Quando eu tenho essas matérias mais hard eu tento ler a bibliografia que o professor passou, tento ler o caderno quando se passa o caderno, quando ele tem o caderno para passar; eu tento unir isso, achar o que está no livro. E dedicar mais tempo a matéria. As vezes quando eu não estou conseguindo, e nem o professor me explicar, aí eu vou para o youtube, que ajuda bastante, a internet ajuda bastante a gente a tentar compreender essas coisas. Então a melhor coisa que tem para fazer é sentar, ouvir a aula do professor, tentar anotar as informações importantes, se depois disso tudo você não conseguiu entender, vamos para a internet.

Garnet: Eu gosto de estudar lendo, abrir alguma coisa na internet que falava. Eu procurava coisa bem simples mesmo, um assunto que era

abordado para o ensino médio e depois **eu ia aumentando o nível até eu chegar no ponto que eu precisava. Eu tentei algumas vezes ver vídeo aula de algumas coisas, tentei procurar aquelas simulações na internet para ver se olhar o negócio ajudava a enxergar os fenômenos.**

Para Campanario e Otero (2000), podemos ver que a metacognição no aprendiz é ativa quando ele conhece seus problemas e suas dificuldades durante o processo de aprendizagem e quando ele sabe que tipo de procedimentos deve realizar para desenvolver uma tarefa. Além disso ele deve conseguir auto avaliar sua compreensão durante os estudos, saber avaliar quais dificuldades sentiu ao resolver uma questão e se questionar se domina os tópicos estudados. Os autores estabelecem três dimensões metacognitivas de estratégia, que são: a) conhecimento declarativo, que é o saber o que; b) o conhecimento processual, que é saber o como; e o conhecimento condicional, que é ter ciência de quando.

Pensando nisso, observou-se que no momento da entrevista os aprendizes demonstraram ter um conhecimento metacognitivo primário, pois eles pouco refletem sobre seus problemas e dificuldades no processo de ensino e aprendizagem, como foi visto nas primeiras categorias de análise. Apesar disso, eles têm conhecimentos sobre estratégias mais complexas. Rose e Garnet demonstram o uso de estratégias secundárias, para serem usadas quando as primeiras não derem certo. Dentro das três dimensões metacognitivas sobre estratégias de Campanario e Otero (2000) pôde ser percebido que os aprendizes se expressam mais dentro do conhecimento processual, mas não se pode afirmar que eles não entrem no âmbito das outras dimensões, para isso seria necessário acompanhamento junto aos aprendizes no momento do seu processo de aprendizagem.

Caso os aprendizes tenham realmente apenas este conhecimento procedimental, fica o questionamento se isto é suficiente para criar condições adaptativas em momentos de dificuldade. Pode-se inferir que, mesmo que eles não apresentem todas as características que potencializam ao máximo o procedimento de aprendizagem, eles demonstram possuir experiência metacognitiva e buscam se adaptar para superar as situações de dificuldades.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa partiu-se da hipótese de que todos em algum momento de suas vidas sentem dificuldades de aprendizagem, seja ela em menor ou maior grau, hipótese esta que surgiu do contexto do levantamento bibliográfico relacionado às concepções de dificuldades de aprendizagem. Desta forma se buscou compreender quais são as percepções de aprendizes sobre suas dificuldades de aprendizagem nas disciplinas de um curso de licenciatura em Física e como eles fazem para superar essas dificuldades.

Para isto, realizou-se um levantamento teórico das concepções sobre dificuldades de aprendizagem, que além de corroborar com a hipótese desta pesquisa, auxiliou no norteamento de qual destas noções guariam o processo de compreensão das percepções de dificuldades dos aprendizes. Assim, adotamos que, quando o aprendiz tem todas as funções neurológicas intactas, a dificuldade para aprender é um processo comum e transponível.

Também foi analisado como as publicações sobre dificuldades de aprendizagem em Física discutem o tema, como forma de verificar qual o cenário da pesquisa na área e explorar quais pontos convergem e quais divergem da pesquisa aqui realizada. Foi possível verificar que as pesquisas discutem as dificuldades de aprendizagem dos aprendizes em conceitos específicos da Física muitas vezes apenas analisando erros e acertos contidos em respostas a testes. Pouco se olha para as percepções dos aprendizes, mas é possível enxergar que grande parte das dificuldades estão centradas na falta de compreensão do significado dos conceitos físicos e na assimilação da linguagem matemática, aspectos estes que similarmente foram observados nesta pesquisa.

A Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011) permitiu compreender como o processo de ensino e aprendizagem pode favorecer ou desfavorecer o aprendizado dos aprendizes. E, por fim, as teorias relacionadas ao conhecimento Metacognitivo (BLAKEY; SPENCE, 1990; ERTMER; NEWBY, 1996; FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999; RIBEIRO, 2003; DANIS; NUNES; NUNES, 2005; JOU; SPERB, 2006; PEREIRA, 2014) permitiram compreender as estratégias que os aprendizes utilizam para superar suas dificuldades de aprendizagem.

Por meio destes norteadores teóricos e do levantamento dos dados foi possível articular quatro categorias: (1) reconhecimento das dificuldades de aprendizagem, (2) dificuldades de aprendizagem em Física, (3) cognição, e (4) conhecimento metacognitivo.

Sobre o reconhecimento das dificuldades de aprendizagem, foi possível perceber que os aprendizes aparentam não reconhecer suas dificuldades de aprendizagem. O discurso dos aprendizes parece a perpetuação de uma ideia do contexto social em que estão inseridos, no qual dificuldade de aprendizagem, na verdade, é sinônimo de insucesso e/ou fracasso. Em relação às dificuldades de aprendizagem em Física, os aprendizes não conseguem expressá-las, e durante o processo de entrevista houve indícios de que eles não refletem sobre elas. Assim, foi possível relacionar a pouca reflexão sobre as dificuldades de aprendizagem com o discurso coletivo de transferência de responsabilidade a terceiros.

É possível que este discurso de transferência de responsabilidade não permeie apenas os aprendizes, tendo em vista que nas pesquisas relacionadas a dificuldades de aprendizagem em Física foi possível perceber que este discurso também está presente entre os pesquisadores, que muitas vezes atribuem culpa das dificuldades de aprendizagem ao material didático e ao professor. Até mesmo a relação de insucesso e dificuldades de aprendizagem em Física parece ser perpetuada no âmbito das publicações aqui apresentadas, já que a forma de analisar dificuldades por meio de erros apresentados em resolução de problemas pode levar a interpretação de que apenas quando se comete erros existem dificuldades de aprendizagem.

Quanto ao conhecimento cognitivo dos aprendizes participantes desta pesquisa, compreendidos por meio da Teoria da Carga Cognitiva, parece que o nível de conhecimento em que eles se encontram pouco é considerado no processo de ensino e aprendizagem. Os aprendizes demonstram ser novatos, logo, a aquisição de novos conhecimentos é realizada mediante grande esforço. Assim, por exemplo, quando os aprendizes usam materiais muito complexos e/ou exige-se deles o uso das capacidades de imaginação antes deles adquirirem experiência, pode ocorrer uma sobrecarga cognitiva.

Os aprendizes indicam ter pouco conhecimento armazenado em sua memória de longo prazo, já que várias vezes eles demonstram por meio de suas falas que precisaram estudar os conceitos básicos ou que não conseguem acompanhar aqueles que são mais avançados. Por isto inferiu-se que o nível de *expertise* dos sujeitos desta pesquisa é pouco considerado no processo de ensino e aprendizagem, e que para eles não sofrerem sobrecargas cognitivas é indicado que a instrução seja mais explícita e detalhada.

No processo de ensino e aprendizagem de aprendizes novatos é preciso que os materiais utilizados no momento de estudo, assim como a instrução, sejam mais detalhados e menos complexos. A medida que o aprendiz for aumentando seu nível de *expertise*, os materiais podem ir se tornando mais complexos e a orientação pode ir diminuindo gradualmente.

Como os aprendizes pouco refletem sobre suas dificuldades no processo de ensino e aprendizagem, e muitas vezes desistem de prosseguir com os estudos quando não conseguem superar com facilidade uma etapa mais difícil, parece que eles não têm, ou não conseguiram expressar durante o processo de entrevista, um conhecimento metacognitivo completo.

Os aprendizes demonstraram ter conhecimentos processuais sobre quais estratégias podem ou não facilitar a aprendizagem. Os outros conhecimentos metacognitivos, sobre pessoas e sobre tarefas (FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999), considerados importantes para a aquisição das condições adaptativas e superação das dificuldades de aprendizagem não puderam ser identificados na pesquisa. Isso não significa que os aprendizes os possuem ou não. Para fazer tal afirmação seria necessário ter sido realizado um acompanhamento mais profundo do processo de ensino e aprendizagem dos aprendizes.

O conhecimento metacognitivo dos aprendizes parece ser apenas primário, pois há pouca reflexão do que se sabe e do que não se sabe. Assim, o conhecimento cognitivo e metacognitivo que eles apresentam não indica que seja realizado de outro modo a não ser por experiências quase que inconscientes.

É importante que as relações entre os sujeitos e o conhecimento no processo de ensino e aprendizagem sejam analisadas mais profundamente em um trabalho futuro, pois como esta pesquisa se trata de uma dissertação, inserir-se no campo e

analisar todas as variáveis deste processo exige mais tempo. Por isto, em trabalhos futuros pretende-se analisar as condições que favorecem e/ou desfavorecem a aprendizagem destes aprendizes, não só no contexto argumentativo, mas também em campo, considerando as relações dos aprendizes com seus professores, entre si e com os recursos didáticos. Além disso, outros aspectos interessantes a serem analisados são as questões relacionadas ao contexto político, social e econômico dos aprendizes, e como isso pode influenciar seus discursos e suas dificuldades de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ADMIRAL, Tiago Destéffani. Dificuldades Conceituais e Matemáticas Apresentadas por Alunos de Física dos Períodos Finais. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 38, n. 2, p.e2502 (1 a 8), 2016.
- ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith. Usos e Abusos dos Estudos de Caso. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 36, n. 129, p.637-651, dez. 2006.
<https://doi.org/10.1590/S0100-15742006000300007>
- BARBETA, Vagner Bernal; YAMAMOTO, Issao. Dificuldades Conceituais em Física Apresentadas por Alunos Ingressantes em um Curso de Engenharia. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 24, n. 3, p.324-341, 2002.
- BARNIOL, Pablo; ZAVALA, Genaro; CAMPOS, Esmeralda. La prueba conceptual de electricidad y magnetismo: análisis de confiabilidad y estudio de las dificultades más frecuentes. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 36, n. 2, p.167-192, 2018.
- BARROSO, Marta F.; RUBINI, Gustavo; SILVA, Tatiana da. Dificuldades na Aprendizagem de Física sob a Ótica dos Resultados do Enem. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 40, n. 4, p.e4402 (1 a 23), 2018.
- BLAKEY, Elaine; SPENCE, Sheila. Developing Metacognition. ERIC Digest. 1990.
- BRITO JÚNIOR, Álvaro Francisco de; FERES JÚNIOR, Nazir. A utilização da técnica da entrevista em trabalhos científicos. **Evidência**, Araxá, v. 7, n. 7, p.237-250, 2011.
- BROSSEAU, C. Dificultades de los Estudiantes con el Papel Especifico del Campo Eléctrico em la Óptica. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 11, n. 2, p.184-187, 1993.
- CAMPANARIO, Juan Miguel; OTERO, José C. Más Allá de Las Ideas Previas Como Dificultades de Aprendizaje: Las Pautas de Pensamiento, Las Concepciones Epistemológicas Y Las Estrategias Metacognitivas de Los Alumnos de Ciencias. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 18, n. 2, p.155-169, ago. 2000.

CASASSANTA, P. C. **Traclm, Concepção de um Jogo Digital Educativo para o Estudo de Formação de Imagem Real em Lente Convergente**. 2017. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e Educação: Como o Cérebro Aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 151 p.

COTIGNOLA, María L. et al. Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of this Field? **Science e Education**, [s. L.], v. 11, p.279-291, 2002.

COUTO, Brígida. **O professor articulador e o atendimento dos alunos em situação de dificuldade de aprendizagem matemática em escolas Estaduais de Cuiabá - MT**. 2016. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

CHARLOT, Bernard. **Da relação com o saber: elementos para uma teoria**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 93 p.

DAVIS, Claudia; NUNES, Mariana M. R.; NUNES, Cesar A. A. **Metacognição e Sucesso Escolar: Articulando Teoria e Prática**. **Cadernos de Pesquisa**, [s. L.], v. 35, n. 125, p.205-230, ago. 2005.

DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, Cleci Werner da; PELEGRINI, Maurício. **Dificuldades Encontradas por Estudantes do Ensino Público do Rio Grande do Sul nas Questões de Física do ENEM: Um Estudo de Caso**. **Revista de Educacion de Las Ciencias**, [s. L.], v. 69, n. 3, p.133-156, 2015.

DIAS, Ana Cristina Garcia; BARLETTE, Vania Elisabeth; MARTINS, Carlos Alberto Gomes. **A Opinião de Alunos sobre as Aulas de Eletricidade: uma Reflexão sobre Fatores Intervenientes na Aprendizagem**. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s. L.], v. 4, n. 1, p.107-117, 2009.

ERTMER, Peggy A.; NEWBY, Timothy J. **The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective**. **Instructional science**, v. 24, n. 1, p. 1-24, 1996.
<https://doi.org/10.1007/BF00156001>

ESTEBAN, Maria Paz Sandín. **Pesquisa Qualitativa em Educação: Fundamentos e Tradições**. Porto Alegre: AMGH, 2010. 268 p.

FARIAS, Antonio José Ornellas. **Existem Dificuldades dos Alunos na Interpretação da Interação Carga-Campo?** **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 21, n. 3, p.389-396, 1999.

FERNANDEZ, J. M. Fernandez. **Causa de las Dificultades de Aplicacion del Teorema de Arquimedes por los Alumnos de Enseñanza Media**. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 3, n. 3, p.185-187, 1985.

FLAVELL; J.H; MILLER, H.P; MILLER, S.A. Desenvolvimento Cognitivo. Porto Alegre: Artmed, 1999. 341 p.

FONSECA, Lilian Leandro da. **Diagnósticos e encaminhamentos dados por professores e alunos em situação de dificuldades de aprendizagem em matemática**. 2014, 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

FRASER, Márcia Tourinho Dantas; GONDIM, Sônia Maria Guedes. Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa. **Paidéia**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 14, p.139-152, maio 2004.

FURIÓ, Charles; GUIASOLA, Jenaro. Dificultades de Aprendizaje de los Conceptos de Carga y Campo Eléctrico en Estudiantes de Bachillerato y Universidad. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 16, n. 1, p.131-146, 1998.

FURIÓ, Charles; GUIASOLA, Jenaro. Concepciones Alternativas y Dificultades de Aprendizaje en Electroestática Selección de Cuestiones Elaboradas para su Detección y Tratamiento. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 17, n. 3, p.441-452, 1999.

GÓMEZ, Cristina Furió; MÁZ, Carlos Furió. Dificultades conceptuales y epistemológicas de futuros profesores de Física y Química en las explicaciones energéticas de fenómenos físicos y químicos. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 34, n. 3, p.7-24, 2016.

GONÇALVES, Maria Dulce R. M. **Concepções científicas e concepções pessoais sobre o conhecimento e dificuldades de aprendizagem**. 2002, 329 f. Tese (Doutorado em Psicologia) – Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação, Universidade de Lisboa. Lisboa, 2002.

GUIASOLA, Jenaro; ALMUDÍ, José Manuel; ZUBIMENDI, José Luis. Dificultades de Aprendizaje de Los Estudiantes Universitarios en la Teoría del Campo Magnético y Elección de los Objetivos de Enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 21, n. 1, p.79-94, 2003.

GUIASOLA, Jenaro et al. Dificultades Persistentes em el Aprendizaje de la Electricidad: Estrategias de Razonamiento de los Estudiantes al Explicar Fenómenos de Carga Eléctrica. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 26, n. 2, p.177-192, 2008.

GUIASOLA, Jenaro; ALMUDÍ, José M.; ZUZA, Kristina. Dificultades de los Estudiantes Universitarios en el Aprendizaje de la Inducción Electromagnética. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 32, n. 1, p.1041 (1 a 9), 2010.

JOU, Graciela Inchausti de; SPERB, Tania Mara. A Metacognição como Estratégia Reguladora da Aprendizagem. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p.177-185, set. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722006000200003>

KLASSEN, Stephen. Identifying and Addressing Student Difficulties with the Millikan Oil Drop Experiment. **Science e Education**, [s. L.], v. 18, p.593-507, 2009.

LOZANO, Silvia Ragout de; CARDENAS, Marta. Some Learning Problems Concerning the Use of Symbolic Language in Physics. **Science e Education**, [s. L.], v. 11, p.589-599, 2002.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E.D.A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2015. 112 p.

MARINELI, Fábio; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. Uma Interpretação para Dificuldades Enfrentadas pelos Estudantes em um Laboratório Didático de Física. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 28, n. 4, p.497-505, 2006.

MAZER, Sheila Maria; DAL BELLO, Alessandra Cristina; BAZON, Marina Rezende. Dificuldades de Aprendizagem: revisão de literatura sobre os fatores de risco associados. **Psicologia da Educação**, vol. 28, pp. 7-21, 2009.

MOREIRA, Marco Antonio. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio; PINTO, Adriano de Oliveira. Dificuldades dos Alunos na Aprendizagem da Lei de Ampère, à Luz da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 25, n. 3, p.317-325, 2003.

MOREIRA, Marco Antonio; KREY, Isabel. Dificuldades dos Alunos na Aprendizagem da Lei de Gauss em Nível de Física Geral à Luz da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 28, n. 3, p.353-360, 2006.

NASCIMENTO, Jarley Fagner Silva do. **Análise das dificuldades de aprendizagem numa disciplina de química orgânica do curso de química na modalidade à distância da UFRN**. 2013. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

NIÑO, Lina Viviana Melo et al. Dificultades del Aprendizaje sobre el Principio de Arquímedes en el Contexto de la Flotación. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 38, n. 4, p.e4401 (1 a 20), 2016.

ÖZDEMİR, Erdoğan; CORAMIK, Mustafa. Reasons of Student Difficulties with Right-Hand Rules in Electromagnetism. **Journal Of Baltic Science Education**, [s. L.], v. 17, n. 2, p.320-330, 2018.

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.

POUPART, Jean. A entrevista de tipo qualitativo: considerações epistemológicas, teóricas e metodológicas. In: POUPART, Jean et al. **A pesquisa qualitativa: Enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2012. p. 215-253.

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.

REZENDE, Flávia; BARROS, Susana de Souza. Teoria Aristotélica, Teoria do Impetus ou Teoria Nenhuma: um Panorama das Dificuldades Conceituais de Estudantes de Física em Mecânica Básica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.43-56, 2001.

RIBEIRO, Célia. Metacognição: Um Apoio ao Processo de Aprendizagem. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p.109-116, ago. 2003.

Samaja, J.: 1993, Epistemología y Metodología, EUDEBA, Buenos Aires.

SANTOS, Patrik Marquesa; VELOSO, Ataiany dos Santos; KALHIL, Josefina Barrera. A Concepção dos Alunos sobre a Disciplina Física no Ensino Médio de uma Escola Pública na Cidade de Manaus. **Latin American Journal Of Science Education**, [s. L.], v. 2, n. 0, p.12004 (1 a 18), 2015.

SERAFIN, Elaine Cristina Bortolatto; PEREIRA, Antonio Serafim. Dificuldades de Aprendizagem no Contexto das Produções Acadêmicas Brasileiras (2001-2011). **Roteiro**, [s.l.], v. 40, n. 2, p.419-436, 26 out. 2015. Universidade do Oeste de Santa Catarina. <https://doi.org/10.18593/r.v40i2.6887>

SILVA, P. P. S.; SILVA, M. F. V. Um Estudo sobre a Presença de Obstáculos Epistemológicos no Ensino de Óptica a partir da Análise de Artigos Publicados pela Revista Brasileira de Ensino de Física. **Latin American Journal Of Science Education**, [s. L.], v. 2, p.22030 (1 a 18), 2015.

SILVA, Julisse Oker Savi da. **Um estudo sobre as crenças de professores de Ciências sobre dificuldades de aprendizagem**. 2014. 263 f. - Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SINARCAS, Vicent; SOLBES, Jordi. Dificultades en el Aprendizaje y la Enseñanza de la Física Cuántica em el Bachillerato. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 31, n. 3, p.9-25, 2013.

SOLBES, Jordi; PALOMAR, Rafael. Dificultades en el Aprendizaje de la Astronomía en Secundaria. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, [s. L.], v. 35, n. 1, p.1401 (1 a 13), 2013.

SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. Cognitive Load Theory. New York, NY: Springer, 2011. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>

TALIM, Sérgio Luiz. Dificuldades de Aprendizagem na Terceira Lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. L.], v. 16, n. 2, p.141-153, 1999.

TANEL, Zafer. Student Difficulties in Solving Problems Concerning Special Relativity and Possible Reasons for these Difficulties. **Journal Of Baltic Science Education**, [s. L.], v. 13, n. 4, p.573-582, 2014.

THIEDE, K. W.; ANDERSON, M. C. M. Summarizing can improve metacomprehension accuracy. **Contemporary Educational Psychology**, v.28, n. 2, p. 129-160, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0361-476X\(02\)00011-5](https://doi.org/10.1016/S0361-476X(02)00011-5)

TORRE, Oñorbe de; JIMÉNEZ, Sánchez. Dificultades em la Enseñanza-Aprendizaje de los Problemas de Física y Química. I. Opiniones del Alumno. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 14, n. 2, p.184-187, 1996a.

TORRE, Oñorbe de; JIMÉNEZ, Sánchez. Dificultades em la Enseñanza-Aprendizaje de los Problemas de Física y Química. II. Opiniones del Profesor **Enseñanza de Las Ciencias**, [s. L.], v. 14, n. 3, p.184-187, 1996b.

WITTER, Geraldina. Samuel A. Kirk: um psicólogo educacional. **Estudos de Psicologia**, Campinas, v. 16, n. 1, p.66-71, abr. 1999. <https://doi.org/10.1590/S0103-166X1999000100008>

APÊNDICES

APÊNDICE A - Relação De Artigos Encontrados Sobre Dificuldades De Aprendizagem Em Física

Autores	Título	Local e ano de publicação
Fernandez Fernandez, J.M.	Causa de las Dificultades de Aplicacion del Teorema de Arquimedes por los Alumnos de Enseñanza Media	Enseñanza de Las Ciencias, 1985, 3(3) p. 185-187
Brosseau, C.	Dificultades de los Estudiantes con el Papel Especifico del Campo Eléctrico em la Óptica	Enseñanza de Las Ciencias, 1993, 11(2), p. 184-187
Oñorbe de Torre; Sánchez Jiménez	Dificultades em la Enseñanza-Aprendizaje de los Problemas de Física y Química. I. Opciones del Alumno	Enseñanza de Las Ciencias, 1996, 14(2), p. 184-187
Oñorbe de Torre; Sánchez Jiménez	Dificultades em la Enseñanza-Aprendizaje de los Problemas de Física y Química. II. Opciones del Profesor	Enseñanza de Las Ciencias, 1996, 14(3), p. 251-260
Furió, Charles; Guisasola, Jenaro	Dificultades de Aprendizaje de los Conceptos de Carga y Campo Eléctrico en Estudiantes de Bachillerato y Universidad	Enseñanza de Las Ciencias, 1998, 16(1), p. 131-146
Furió, Charles; Guisasola, Jenaro	Concepciones Alternativas y Dificultades de Aprendizaje en Electrostática. Selección de Cuestiones Elaboradas para su Detección y Tratamiento	Enseñanza de Las Ciencias, 1999, 17(3), p. 441-452
Guisasola, J.; Almudí, J.M.; Zubimendi, J.L.	Dificultades de Aprendizaje de Los Estudiantes Universitarios en la Teoría del Campo Magnético y Elección de los Objetivos de Enseñanza	Enseñanza de Las Ciencias, 2003, 21(1), p. 79-94
Guisasola, Jenaro; Zubimendi, José Luis; Almudí, José Manuel; Ceberio, Mikel.	Dificultades Persistentes em el Aprendizaje de la Electricidad: Estrategias de Razonamiento de los Estudiantes al Explicar Fenómenos de Carga Eléctrica	Enseñanza de Las Ciencias, 2008, 26(2), p. 177-192
Vicent Sinarcas; Jordi Solbes	Dificultades en el Aprendizaje y la Enseñanza de la Física Cuántica em el Bachillerato	Enseñanza de Las Ciencias, 2013, 31(3), p. 9-25

Cristina Furió Gómez; Carlos Furió Más	Dificultades conceptuales y epistemológicas de futuros profesores de Física y Química en las explicaciones energéticas de fenómenos físicos y químicos	Enseñanza de Las Ciencias, 2016, 34(3), p. 7-24
Pablo Barniol; Genaro Zavala; Esmeralda Campos	La prueba conceptual de electricidad y magnetismo: análisis de confiabilidad y estudio de las dificultades más frecuentes	Enseñanza de Las Ciencias, 2018, 36(2), p. 167-192
María I. Cotignola; Clelia Bordogna; Graciela Punte; Osvaldo M. Cappannini	Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of this Field?	Science e Education, 2002, 11, p. 279-291
Silvia Ragout de Lozano; Marta Cardenas	Some Learning Problems Concerning the Use of Symbolic Language in Physics	Science e Education, 2002, 11, p. 589-599
Stephen Klassen	Identifying and Addressing Student Difficulties with the Millikan Oil Drop Experiment	Science e Education, 2009, 18, p. 593-607
Zafer Tanel	Student Difficulties in Solving Problems Concerning Special Relativity and Possible Reasons for these Difficulties	Journal of Baltic Science Education, 2014, 13(4), p. 573-582
Erdoğan Özdemir; Mustafa Coramik	Reasons of Student Difficulties with Right-Hand Rules in Electromagnetism	Journal of Baltic Science Education, 2018, 17(2), p. 320-330
Flávia Rezende; Susana de Souza Barros	Teoria Aristotélica, Teoria do Impetus ou Teoria Nenhuma: um Panorama das Dificuldades Conceituais de Estudantes de Física em Mecânica Básica	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2001, 1(1), p. 43-56
Luiz Marcelo Darroz; Cleci Werner da Rosa; Maurício Pelegrini	Dificuldades Encontradas por Estudantes do Ensino Público do Rio Grande do Sul nas Questões de Física do ENEM: um Estudo de Caso	Revista de Educacion de las Ciencias, 2015, 69(3), p. 133-156
Ana Cristina Garcia Dias; Vania Elisabeth Barlette; Carlos Alberto Gomes Martins	A Opinião de Alunos sobre as Aulas de Eletricidade: uma Reflexão sobre Fatores Intervenientes na Aprendizagem	Experiências em Ensino de Ciências, 2009, 4(1), p. 107-117

Antonio José Ornellas Farias	Existem Dificuldades dos Alunos na Interpretação da Interação Carga-Campo?	Revista Brasileira em Ensino de Física, 1999, 21(3), p. 389-396
Vagner Bernal Barbeta; Issao Yamamoto	Dificuldades Conceituais em Física Apresentadas por Alunos Ingressantes em um Curso de Engenharia	Revista Brasileira em Ensino de Física, 2002, 24(3), p. 324-341
Marco Antonio Moreira; Adriano de Oliveira Pinto	Dificuldades dos Alunos na Aprendizagem da Lei de Ampère, à Luz da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird	Revista Brasileira em Ensino de Física, 2003, 25(3), p. 317-325
Marco Antonio Moreira; Isabel Krey	Dificuldades dos Alunos na Aprendizagem da Lei de Gauss em Nível de Física Geral à Luz da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird	Revista Brasileira em Ensino de Física, 2006, 28(3), p. 353-360
Fábio Marineli; Jesuína Lopes de Almeida Pacca	Uma Interpretação para Dificuldades Enfrentadas pelos Estudantes em um Laboratório Didático de Física	Revista Brasileira em Ensino de Física, 2006, 28(4), p. 497-505
Jenaro Guisasola, José M. Almudí; Kristina Zuza	Dificultades de los Estudiantes Universitarios en el Aprendizaje de la Inducción Electromagnética	Revista Brasileira em Ensino de Física, 2010, 32(1), p. 1401(1-9)
Jordi Solbes, Rafael Palomar	Dificultades en el Aprendizaje de la Astronomía en Secundaria	Revista Brasileira em Ensino de Física, 2013, 35(1), p. 1401 (1-13)
Tiago Destéffani Admiral	Dificuldades Conceituais e Matemáticas Apresentadas por Alunos de Física dos Períodos Finais	Revista Brasileira em Ensino de Física, 2016, 38(2), p. e2502 (1-8)
Lina Viviana Melo Niño; Ramiro Sánchez; Florentina Canada; Guadalupe Martínez	Dificultades del Aprendizaje sobre el Principio de Arquímedes en el Contexto de la Flotación	Revista Brasileira em Ensino de Física, 2016, 38(4), p. e4401 (1-20)
Marta F. Barroso; Gustavo Rubini;	Dificuldades na Aprendizagem de Física sob a Ótica dos Resultados do Enem	Revista Brasileira em Ensino de

Tatiana da Silva		Física, 2018, 40(4), p. e4402 (1-23)
Sérgio Luiz Talim	Dificuldades de Aprendizagem na Terceira Lei de Newton	Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 1999, 16(2), p. 141-153
P. P. S. Silva; M. F. V. Silva	Um Estudo sobre a Presença de Obstáculos Epistemológicos no Ensino de Óptica a partir da Análise de Artigos Publicados pela Revista Brasileira de Ensino de Física	Latin American Journal of Science Education, 2015, p. 22030 (1-18)
Santos, Patrik Marquesa; Veloso, Ataiany Dos Santos; Kalhil, Josefina Barrera	A Concepção dos Alunos sobre a Disciplina Física no Ensino Médio de uma Escola Pública na Cidade de Manaus	Latin American Journal of Science Education, 2015, p. 12004 (1-18)

Fonte: própria autora

APÊNDICE B – Trabalhos Correlatos Sobre A Dificuldade De Aprendizagem Em Física

Neste Apêndice encontram-se os 25 trabalhos de dificuldade de aprendizagem em Física que não foram apresentados na subseção 2.3. Estes artigos são apresentados aqui tendo em vista que discutem as dificuldades de aprendizagem em Física em uma perspectiva de avaliação de erros e acertos em resolução de problemas, diferente daquelas que analisam as perspectivas dos aprendizes sobre suas dificuldades de aprendizagem.

A discussão dos artigos foi separada em blocos temáticos, como já explicado na subseção 4.2 (Quadro 3, página 53) e são apresentados abaixo.

Dificuldades de Aprendizagem dentro de uma Temática mais Geral

Dos artigos que tratam as dificuldades de aprendizagem dentro de uma perspectiva mais abrangente, apenas um é voltado para o Ensino Superior (LOZANO; CARDENAS, 2002) e dois são voltados para o Ensino Médio (SANTOS; VELOSO; KALHIL, 2015; BARROSO; RUBINI; SILVA, 2018). Os artigos, apesar de não apresentarem objetivos semelhantes, convergem nas dificuldades em relação a linguagem matemática utilizada e a falta de compreensão dos conceitos básicos de Física.

Barroso, Rubini e Silva (2018) analisaram concepções de aprendizes do Ensino Médio, mas dentro de uma perspectiva das dificuldades específicas com os conceitos de Física. Os autores investigaram as concepções não científicas de aprendizes concluintes do Ensino Médio, para isso, selecionaram doze questões do ENEM, dos períodos de 2009 a 2014, classificadas como questões de Física. Com esses resultados, os autores, puderam verificar as concepções dos aprendizes sobre gravidade, força e movimento, flutuação dos corpos, atrito, relação entre força e pressão, temperatura e calor, efeitos ambientais da geração de energia e óptica geométrica.

Neste artigo a discussão é mais objetiva e pontual, e os pontos de destaque são que os aprendizes confundem conceitualmente peso e aceleração da gravidade, e acreditam que no espaço não há gravidade. Eles também confundem

conceitualmente que a força é proporcional a velocidade, para os aprendizes um corpo para permanecer em movimento precisa de uma força agindo continuamente sobre ele, e apresentam dificuldades de compreender o conceito de pressão e diferenciá-lo do conceito de força. Nas questões relativas a calor e temperatura, foi possível notar que as concepções apresentadas são intuitivas e de percepção cotidiana, por exemplo, para os aprendizes as hidroelétricas não causam danos relevantes ao meio ambiente. A questão sobre óptica que foi analisada, apontou que parte dos estudantes, concluintes de Ensino Médio, acreditam que os olhos devem emitir raios luminosos para que seja possível enxergar.

Para os autores esses resultados apontam que muitos aprendizes concluem o Ensino Médio sem saber os conceitos básicos de Física, uma conclusão próxima da apresentada por Santos, Veloso e Kalhil (2015).

Dificuldades de Aprendizagem em Resolução de Problemas de Física

Quatro artigos apontam as dificuldades de aprendizagem na resolução de problemas de Física (TORRE; JIMÉNEZ, 1996a, 1996b; DARROZ; ROSA; PELEGRINI, 2015; ADMIRAL, 2016). Talvez essa discussão seja um reflexo das pesquisas anteriores, já que parece haver um consenso de que os aprendizes pouco sabem os conceitos de Física e possuem dificuldade em utilizar as ferramentas matemáticas de maneira adequada. Dentre essas publicações, apenas Darroz, Rosa e Pelegrini (2015) realizam a pesquisa com aprendizes do ensino médio. Admiral (2016) e Oñorbe de Torre e Sánchez Jiménez (1996a) buscam a opinião dos aprendizes do ensino superior. A pesquisa de Oñorbe de Torre e Sánchez Jiménez (1996b) sobre as concepções pela perspectiva do professor é realizada com profissionais da educação básica.

Com um aspecto diferente das outras pesquisas apresentadas, Admiral (2016), evidencia em sua pesquisa que os aprendizes não identificam o grau de complexidade de um problema, como consequência não conseguem compreender os aspectos que dificultam a sua resolução. Para isso, o autor, realizou uma pesquisa com 23 aprendizes de Licenciatura em Física dos últimos períodos de duas instituições públicas, com o objetivo de identificar suas dificuldades conceituais, suas

habilidades de compreender o grau de dificuldade de um problema e verificar o domínio em cálculo.

Foi aplicado aos aprendizes um problema retirado de uma prova de vestibular em que a questão não poderia ser resolvida por meio das ferramentas aprendidas no Ensino Médio, com o intuito de verificar se o grupo pesquisado poderia identificar sua complexidade. Apenas 8 concordaram que seria impossível que os aprendizes do Ensino Médio resolvessem o problema, ou seja, 15 licenciandos acreditavam que a questão poderia ser resolvida sem conhecimentos mais complexos.

Em momento posterior foi pedido que os aprendizes do ensino superior solucionassem o problema, apenas 2 aprendizes conseguiram resolvê-lo e apontar o motivo da questão não poder ser realizada por um aprendiz do Ensino Médio, os outros aprendizes não conseguiram verificar as circunstâncias que tornaram a força magnética atuante variável. Admiral (2016) conclui em sua pesquisa que poucos aprendizes apresentam o conhecimento no nível adequado para sua formação, para ele a mecanização no ensino do cálculo pode ser uma das causas das dificuldades apresentadas.

Dificuldades de Aprendizagem em Física Experimental

Os próximos dois artigos discutem sobre as dificuldades que os aprendizes apresentam em laboratório de Física experimental. O primeiro analisa as dificuldades de aprendizagem referentes às medidas que são realizadas em laboratório experimental, e o segundo trata da dificuldade de aprendizagem em um experimento pontual, referente a gota de óleo de Millikan (MARINELI; PACCA, 2006; KLASSEN, 2009).

Marineli e Pacca (2006) levantaram as dificuldades apresentadas no tratamento e interpretação dos dados obtidos por meio de experimentação, para isso analisaram os relatórios experimentais escritos por aprendizes para uma disciplina de laboratório. Os pesquisadores notaram que os aprendizes acreditam que as medidas retiradas de um mesmo experimento devem ser semelhantes, eles não concebem que as medidas flutuam. Outro problema é que os aprendizes não consideram as incertezas nas medidas, apenas mencionam com frequência a falha humana como sendo um motivo interveniente. Esses problemas ocorrem porque os

aprendizes acreditam que os resultados devem apresentar total semelhança com o modelo teórico, só assim os resultados experimentais podem ser considerados como bem-sucedidos por eles. Os autores do artigo consideram essas dificuldades como um resultado da não compreensão de como se dá o desenvolvimento científico. Os aprendizes acreditam em uma concepção de senso comum da pesquisa em Física, eles a concebem “como uma ciência que estuda e modela a natureza” (MARINELI; PACCA, 2006, p. 501).

Numa perspectiva mais pontual, Klassen (2009) apontou as dificuldades que os aprendizes apresentam para realizar o experimento da gota de óleo de Millikan. Para o autor as causas desses problemas envolvem a carência de contextualização histórica sobre o experimento e ainda a falta de colocar o aprendiz no viés de pesquisador, pois o formato de experimentação didática se resume em seguir instruções e obter as respostas corretas. Com o intuito de mudar essa perspectiva de experimentação prescritiva, Klassen (2009) realizou um trabalho com aprendizes que se encontravam no segundo ano da Universidade. Antes de iniciar a experimentação, o professor conta toda a história de Fletcher e Millikan, além de mostrar um filme dentro da história deste experimento, após isso que os aprendizes realizam o experimento didático.

Klassen (2009) conseguiu notar que essa contextualização realizada anteriormente fez com que os aprendizes enxergassem insights sobre o experimento. Dentre os aspectos emergidos da pesquisa destaca-se dois pontos importantes: após realizar uma experimentação mais contextualizada, os aprendizes conseguiram lidar com a natureza difícil do experimento com menos frustração e enxergaram que o experimento demonstra vários aspectos da natureza fundamental da eletricidade, entendimento que em procedimentos anteriores não pôde ser percebido.

Ambas as pesquisas foram realizadas no âmbito do ensino superior, e apesar da primeira investigar aspectos mais gerais das dificuldades na experimentação e a segunda ter enfoque nas dificuldades de realização de um experimento em específico, é possível notar que elas convergem para um ponto relevante do motivo das dificuldades dos aprendizes ao realizar um experimento. Os aprendizes têm uma concepção de senso comum da pesquisa científica, principalmente por não se verem

como cientistas. Um dos fatores que podem levar à esta concepção é o uso do laboratório experimental apenas como uma atividade passo-a-passo.

Dificuldades de Aprendizagem em Astronomia

Apenas um dos artigos levantados trata das dificuldades de aprendizagem em Astronomia (SOLBES; PALOMAR, 2013), os autores justificam a escrita do trabalho com o argumento de que esta é a área científica que as pessoas costumam demonstrar maior interesse, mas um fato sobreposto é que na escola é detectado que os aprendizes não compreendem aspectos básicos sobre este tema. Para verificar a aprendizagem dos aprendizes sobre Astronomia, Solbes e Palomar (2013) aplicaram questionários a 113 estudantes do 1º ano de Bacharelado¹ na Espanha e analisaram livros didáticos buscando relacionar os resultados com a forma como esses materiais abordam o tema.

Os resultados do questionário apontaram que apenas 6,2% dos aprendizes são capazes de explicar como se orientar a noite, que 5,4% conseguem apontar aplicações em Astronomia, e 12,4% conseguem explicar as estações do ano. Nenhum dos aprendizes é capaz de explicar sobre as fases da Lua e muitos confundem a Via Láctea com o Sistema Solar. Por fim, nenhum dos estudantes foi capaz de explicar sobre a expansão do Universo ou as provas de sua existência.

Solbes e Palomar (2013) buscaram em 14 livros didáticos quais discussões são levantadas sobre Astronomia, e foi possível perceber que poucas páginas são dedicadas à temática, contendo apenas seções sobre o Universo e sua origem, Galáxias e Estrelas, e o Sistema Solar e sua exploração. Apenas 3 livros mencionam as aplicações da Astronomia, sua importância para sobrevivência da espécie, e propõem atividades de observação. Apenas 2 dos livros analisados mencionam, brevemente, sobre as fases da Lua. Os autores apresentam vários outros itens que não são apresentados qualitativamente pelos livros didáticos, mas com as informações acima já é possível notar a relação com as dificuldades que os aprendizes encontram em Astronomia com as lacunas presentes nos livros didáticos. Para Palomar (2013) a composição dos livros didáticos é um indicador das

¹ Bacharelado corresponde aos dois anos anteriores ao ingresso na Universidade, tem disciplinas comuns a todos os estudantes e algumas específicas com a área escolhida para fazer o curso.

dificuldades de aprendizagem detectadas, tendo em vista que os materiais são utilizados pelos professores e funcionam como intérpretes do currículo.

Dificuldades de Aprendizagem em Mecânica

Apenas 3 publicações (TALIM, 1999; REZENDE; BARROS, 2001; BARBETA; YAMAMOTO, 2002) relacionadas a dificuldades de aprendizagem em Mecânica foram encontradas.

Talim (1999) aponta para similaridade das pesquisas sobre dificuldades de aprendizagem em Mecânica. Segundo o autor, essas dificuldades são as mesmas independente da faixa etária do aprendiz e/ou qual o nível de ensino ele se encontra. Talim (1999) diz, ainda, que mesmo em um curso formal de Física, essas dificuldades são mantidas. A causa dessas dificuldades recaem sobre as concepções espontâneas adquiridas de modo anterior a instrução formal.

Tendo em vista essas considerações, o autor buscou analisar as dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton por meio das concepções espontâneas. Para isso, é aplicado um teste com 7 perguntas a 91 aprendizes do Ensino Médio e 29 alunos de um colégio técnico de Universidade Federal. Constata-se que os erros cometidos no teste são parecidos entre os dois grupos de aprendizes, sendo as principais dificuldades deles: não conseguem identificar a força do corpo sobre uma parede imóvel, identificam apenas a força da parede sobre o corpo; não conseguem identificar a força de um corpo sobre a Terra; acreditarem que o objeto que empurra exerce uma maior força; e, por fim, no caso de corpos em contato, identificarem o corpo de massa maior como sendo aquele que exerce maior força.

Rezende e Barros (2001) apresentam um trabalho teórico sobre as dificuldades de aprendizagem em Mecânica básica. Os autores acreditam que os conceitos de Mecânica devem ser bem dominados pelos aprendizes, pois, para eles, os conteúdos apresentados funcionam como uma base conceitual aos cursos introdutórios de Física. O trabalho faz o levantamento de outras doze pesquisas sobre concepções espontâneas, com enfoque nas relações entre força e movimento. Dentre as discussões levantadas pôde-se concluir que os pontos de convergência entre todas as pesquisas são que os aprendizes veem uma relação linear entre força e velocidade, e eles têm uma visão pré Newtoniana de que todo movimento requer

uma força. Algumas das publicações levantadas se referem a visão dos aprendizes como medievais, pois eles identificam uma falta de visão mais sistematizada dos conhecimentos Físicos.

Barbeta e Issao Yamamoto (2002) buscaram identificar o que os aprendizes compreendem da Cinemática, Dinâmica de pontos materiais e interpretação de gráfico. Um teste foi aplicado, por duas vezes, a aprendizes ingressantes de um curso de Engenharia, sendo a primeira aplicação com um total de 771 aprendizes e a segunda com um total de 814 aprendizes. Foi possível verificar, em ambas as aplicações do teste, que os aprendizes confundem os conceitos de velocidade e aceleração, eles não sabem conceitos de força e força resultante, e sempre atribuem à força normal o mesmo valor da força peso do corpo. Os autores descreveram no artigo que apesar dos aprendizes conhecerem a formulação da segunda e terceira leis de Newton, eles não sabem como aplicá-las nas situações problema. As respostas do teste referente aos conhecimentos gráficos demonstraram que os aprendizes não compreendem o significado gráfico da aceleração média.

Assim como descrito por Talim (1999), pode-se observar que, nas três pesquisas relacionadas a Mecânica, as dificuldades que são apontadas recaem sobre a falta de sistematização dos conhecimentos físicos no que se refere as relações de força e movimento. Como consequência vê-se dificuldades relacionadas as leis de Newton e suas aplicações, o que foi apresentado por Barbeta e Issao Yamamoto (2002).

Dificuldades de Aprendizagem em Hidrostática

O próximo bloco de publicações diz respeito a dois artigos sobre Hidrostática (FERNANDEZ, 1985; NIÑO et al., 2016), ambos os trabalhos têm como tema central o Teorema de Arquimedes. O primeiro deles visa detectar o porquê os aprendizes, mesmo após conhecerem o teorema, têm dificuldades para realizar a sua aplicação, e o segundo objetiva analisar as concepções alternativas de estudantes do segundo ano do bacharelado sobre empuxo.

Fernandez (1985) aplicou um questionário a 156 aprendizes do segundo ano de bacharelado e analisou as respostas erradas, que, para ele, é uma forma de detectar as razões que levam à dificuldades de aprendizagem. Dois aspectos foram

levantados: os aprendizes relacionam o volume do líquido derramado por um corpo a massa ou peso deste, mas não consideram o volume do corpo, e consideram que quanto maior o peso corporal de um objeto mergulhado em água, maior volume de água será deslocado. Houve pouca preocupação por parte do autor em dar conclusões mais qualitativas sobre o tema.

Niño et al. (2016) dividem seu trabalho em quatro partes, em um primeiro momento eles fazem um levantamento bibliográfico sobre dificuldades de aprendizagem relacionadas ao princípio de Arquimedes, após eles analisaram 7 livros texto do segundo ano do bacharelado da Espanha e Colômbia, elaboraram um questionário para detectar as concepções dos aprendizes sobre empuxo, o aplicaram e analisaram as respostas.

Na revisão bibliográfica, Niño et al. (2016) encontrou cinco aspectos que aparecem, com frequência, nas discussões sobre as dificuldades de aprendizagem sobre empuxo, sendo elas: a) a força de empuxo tem relação com peso, massa, densidade, volume e área dos corpos submersos no líquido; b) a força de empuxo é relacionada com a pressão e profundidade do líquido onde o corpo está submerso; c) alguns aprendizes desconsideram a existência de empuxo; d) concepções prévias influenciam as dificuldades; e, e) os aprendizes desconhecem as causas do empuxo.

Os livros texto foram analisados com o intuito de verificar que tipo de tratamento é dado à força de empuxo, se é possível que eles contribuam para criar concepções alternativas que possam virar uma interveniência na aprendizagem ou, pelo contrário, favorecer a aprendizagem científica. Essa análise foi realizada devido aos livros texto serem recursos bastante utilizados nas aulas e pela sua influência nas ações que se desenvolvem dentro do espaço de aprendizagem. Niño et al. (2016) constataram que os livros didáticos separam o conceito de flutuação do conceito de pressão, e a diferença entre força e pressão nem sempre é descrita de maneira clara.

Com essas informações, os autores, propuseram e aplicaram um questionário de dez itens a 168 aprendizes do Ensino Secundário, Bacharelado e Ensino Superior da Espanha e Colômbia. As respostas mostraram que os aprendizes possuem pouco conhecimento conceitual sobre o princípio de Arquimedes e, independente no nível de educação em que se encontram, as dificuldades são as mesmas. Para os

aprendizes quanto maior o volume, maior o peso e, quanto maior a massa, maior o empuxo. Eles não fazem análise de forças, relacionam empuxo com altura, não concebem a ideia de peso do volume desalojado, e acreditam que o corpo por estar submerso em um líquido pesa menos. Resultado este parecido com aquele encontrado por Fernandez (1985).

Dificuldades de Aprendizagem em Óptica

Os resultados, até aqui levantados, parecem apontar para uma falta de reflexão dos conceitos físicos por parte dos aprendizes, as causas que levam a isto ainda são nebulosas. Nos artigos relacionados à óptica Brosseau (1993) destaca, também, essa falta de pensamento crítico em relação aos conhecimentos físicos.

Brosseau (1993) considera a ótica um dos pontos mais difíceis de se ensinar em Física, para ele, os aprendizes não compreendem a polarização da luz em termos das forças fundamentais de campo elétrico e magnético. Segundo o autor, ao pesquisar sobre o conceito em livros didáticos foi possível notar que a apresentação da Óptica da polarização não é realizada de maneira adequada, pois a descrição sobre o tema dentro desses materiais é considerada muito vaga. Em entrevistas realizadas com 50 universitários que participaram de cursos de Eletromagnetismo e Óptica, o pesquisador notou que os aprendizes expressavam os conceitos de polarização em concordância com os livros didáticos, eles não entendem bem o conceito e não conseguem relacionar a polarização e o campo elétrico da luz. A conclusão de Brosseau (1993) é de que os aprendizes se preocupam mais em introduzir e aprender equações, tendendo não pensarem de maneira crítica sobre a situação física.

Em uma perspectiva teórica Silva e Silva (2015) analisam trabalhos publicados nos períodos de 2008 a 2013 na Revista Brasileira de Ensino de Física. Os artigos são sobre dificuldades do ensino e da aprendizagem de Óptica e foram levantados com o objetivo de compreender os obstáculos epistemológicos apresentados por aprendizes sobre o tema. Os autores levantam cinco categorias de obstáculos epistemológicos na aprendizagem de Óptica, sendo eles: a) linguagem verbal; b) o imediatismo e abordagem dos fenômenos complexos de maneira frágil e fácil; c) conhecimentos vagos e de senso comum; d) a generalização dos conceitos,

os aprendizes acreditam que uma única explicação cabe em diferentes situações; e e) atribuição de qualidades aos fenômenos. A conclusão sobre as dificuldades dos aprendizes não se apresenta diretamente relacionadas aos conceitos de Física e vão além do apontamento da simples relação com as questões metodológicas.

Dificuldades de Aprendizagem em Termodinâmica

Conclusões sobre as dificuldades de aprendizagem estarem relacionadas a falta de significado que os aprendizes atribuem ao conhecimento físico foram apresentados na maioria das pesquisas aqui colocadas, as publicações sobre Termodinâmica não fugiram a esta regra. Um dos artigos da área faz relação entre as dificuldades de aprendizagem dos conceitos da Termodinâmica ao desenvolvimento histórico do campo (COTIGNOLA et al., 2002), e o outro busca compreender as dificuldades de aprendizagem por meio das concepções espontâneas que os aprendizes têm sobre os efeitos térmicos em processos físicos e químicos (GOMEZ; MÁZ, 2016).

Gomez e Más (2016) investigaram as concepções espontâneas sobre fenômenos térmicos de futuros professores de Física e Química que já haviam realizado o curso de termodinâmica há um ou dois anos anteriores à pesquisa. Para isso, os pesquisadores aplicaram dois questionários aos aprendizes, o primeiro sobre a primeira lei da termodinâmica e processos adiabáticos, e o segundo sobre o caráter exotérmico e endotérmico de processos físico e químicos. Os resultados apontaram que os aprendizes possuem dificuldades conceituais e epistemológicas em relação aos conceitos de energia interna e entalpia, primeira lei da termodinâmica e para explicar os fenômenos térmicos. Esses resultados são compatíveis com aqueles apresentados por Cotignola et al. (2002), mas são concluídos de forma mais drástica por Gomez e Más (2016). Para eles os aprendizes dificilmente usam corretamente o modelo termodinâmico macroscópico, e a situação é mais complexa para eles quando o modelo utilizado é submicroscópico.

Dificuldades de Aprendizagem em Eletromagnetismo

As publicações de maior número dentre as levantadas foram aquelas relacionadas a dificuldades de aprendizagem em Eletromagnetismo. Parece haver um consenso de que os conceitos deste tema apresentam um nível elevado de dificuldade que é recorrente para os aprendizes em diferentes estágios educacionais. Furió e Guisasola (1999) argumentam que os aprendizes precisam conseguir imaginar um efeito para compreendê-lo e, muitas vezes, não é possível apresentar esse nível de raciocínio nos diversos campos da física, principalmente naqueles relacionados aos efeitos eletromagnéticos.

Furió e Guisasola (1998) buscaram identificar as dificuldades de aprendizagem de aprendizes, do Ensino Médio e Superior, a respeito dos conceitos sobre fenômenos eletrostáticos. Nesse trabalho foi realizado um delineamento da construção epistemológica da eletricidade desde o conceito de carga elétrica até a teoria elementar do campo elétrico. Os autores realizaram esse levantamento com a intenção de fazer uma relação entre os problemas epistemológicos e as dificuldades de aprendizagem dos aprendizes e, para eles, esse conhecimento apresentado poderia funcionar como uma ferramenta interessante para a prática docente.

Para verificar as dificuldades dos estudantes foi elaborado um questionário com oito questões abertas e uma entrevista estruturada. O questionário foi aplicado a 268 aprendizes de diferentes níveis educacionais, contendo cinco questões referentes aos fenômenos eletrostáticos e três questões sobre o conceito de campo elétrico, e a entrevista foi realizada com 24 estudantes, com o objetivo de contrastar hipóteses. Os resultados mostram que os aprendizes têm bons resultados sobre questões relativas a fenômenos triboelétricos. As dificuldades se tornam maiores quando os aprendizes analisam fenômenos de indução, muitos deles não respondem corretamente às questões a respeito do tema, fato este que surpreende os pesquisadores, pois é um conceito trabalhado em todos os níveis educacionais. Outra dificuldade está relacionada a não diferenciação entre os conceitos de força de campo e força elétrica, com isso foi possível notar que as dificuldades aumentam de acordo com o nível da discussão epistemológica, por isso, os aprendizes não alcançam uma explicação qualitativa sobre o conceito de campo elétrico.

Os mesmos autores realizaram uma pesquisa referente a concepções alternativas e dificuldades de aprendizagem em Eletrostática (FURIÓ; GUIASOLA, 1999). Este artigo tem caráter teórico e faz uma análise de outras publicações sobre

o tema, concentrando a discussão sobre dificuldades de aprendizagem em três blocos: a) dificuldades em interpretar fenômenos eletrostáticos básicos; b) dificuldades com o conceito de campo elétrico; e c) dificuldades com o conceito de potencial elétrico e causalidade do movimento das cargas.

Das dificuldades em interpretar fenômenos eletrostáticos, Furió e Guisasola (1999) verificaram que as conclusões mais recorrentes de outras publicações se referiam a falta de conhecimento sobre outros conceitos físicos, como aqueles relacionados a mecânica (força, interações, transformações de trabalho-energia etc.), para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos. E como consequência os aprendizes mostraram conclusões muito simples e superficiais dos conceitos, com aplicações superficiais sobre a terceira lei de Newton e, além disso, demonstraram não compreender a natureza elétrica dos materiais.

Os aprendizes praticamente não usam o conceito de campo elétrico e não compreendem seu significado físico, eles demonstram não distinguir claramente o conceito de campo do de força, resultado este já analisado em trabalho anterior de Furió e Guisasola (1998). Entre as dificuldades de aprendizagem com o conceito de campo elétrico observa-se, também, a falta de domínio dos conceitos matemáticos e essa incompreensão pode se tornar um obstáculo para a aplicação da teoria. Dificuldades também são encontradas na compreensão do conceito de potencial elétrico, devido ao seu alto nível de abstração e porque os aprendizes têm conhecimento demasiadamente operacional.

Em suma, as explicações sobre os conceitos não são apresentadas dentro de uma linguagem científica, mas sim de forma improvisada e baseada na intuição dos aprendizes.

Diferentemente dos trabalhos apresentados, Farias (1999) analisa as dificuldades de aprendizagem na interpretação da interação carga-campo por meio de um procedimento experimental. O pesquisador trabalhou com 34 aprendizes de Engenharia Civil e Química em um laboratório, no qual foi solicitado um trabalho com justificativas teóricas sobre o “mapeamento do campo elétrico criado nas proximidades das esferas fixas, condutoras, carregadas e “isoladas”. A análise dos resultados aponta que 32 dos 34 aprendizes não compreenderam os objetivos da atividade, pois não conseguiram expressar uma solução utilizando o conceito de

campo. O autor não dá maiores explicações sobre os resultados, apenas conclui que dificuldades de aprendizagem relacionadas à carga-campo estão presentes e que, para ele, este efeito é uma consequência da falta de subsunçores por parte dos aprendizes, que não compreendem os conhecimentos abstratos.

Guisasola, Almundí e Zubimendi (2003) apontaram a importância da compreensão do conceito de campo magnético pelos aprendizes, para os autores, este conceito é de fundamental importância para se estudar os fenômenos eletromagnéticos posteriormente. Por isso foi pesquisado as concepções dos aprendizes, do primeiro ano do Ensino Superior e último ano do Ensino Médio, sobre suas dificuldades a respeito dos conceitos magnetostáticos.

Para coletar dados os pesquisadores aplicaram um questionário com 19 questões abertas a 235 aprendizes. Os resultados apontaram que os aprendizes confundem o campo elétrico com o magnético e não conseguem identificar nem as interações magnéticas, nem as fontes do campo elétrico e magnético. Essa confusão foi detectada em ambos os níveis educacionais, médio e superior. Guisasola, Almundí e Zubimendi (2003) destacaram o baixo desempenho dos aprendizes do Ensino Superior. Assim como nos trabalhos sobre dificuldades de aprendizagem em eletrostática (FURIÓ; GUIASOLA, 1998), em que os aprendizes confundem campo elétrico com força elétrica, com esta pesquisa, os autores, verificaram que existe uma confusão entre campo magnético e força magnética. Da análise dos resultados, Guisasola, Almundí e Zubimendi (2003) apontaram que o conhecimento dos aprendizes se apresenta apenas de maneira declarativa, sem aplicação significativa e com ideias de senso comum.

Moreira e Pinto (2003) apresentaram uma pesquisa sobre as dificuldades de aprendizagem na lei de Ampère. Nessa publicação uma análise sobre como o livro texto da disciplina de Eletromagnetismo aborda a lei foi realizada e um questionário é aplicado a 155 aprendizes de cursos de Engenharia e Matemática. Com as análises, os autores, perceberam que os aprendizes dão um significado puramente operacional a lei de Ampère, atribuindo-a apenas a qualidade de facilitar o cálculo do módulo do campo magnético, como consequência, pouco conhecem as aplicações da lei. Outra dificuldade encontrada está relacionada a linha amperiana, que os aprendizes expressam como superfície amperiana, parece que isto ocorre por fazerem uma analogia desta lei com a lei de Gauss. Os aprendizes não conseguem

definir nem calcular a linha amperiana. Eles também apresentam uma confusão conceitual entre a lei de Ampère e a lei de Faraday.

Os métodos de ensino e a forma como o livro texto apresenta a lei de Ampère foram colocados pelos autores como os grandes culpados da falta de domínio que os aprendizes têm sobre a lei de Ampère.

Apenas a publicação de Moreira e Krey (2006) buscou identificar as dificuldades de aprendizagem relacionadas a lei de Gauss. Para eles, após a introdução desta lei que parecem começar as dificuldades nos conceitos de eletromagnetismo. Os autores, primeiramente, analisaram como a lei de Gauss é apresentada no livro didático, da disciplina de Eletromagnetismo, como forma de verificar se existe uma conexão entre as dificuldades dos aprendizes com o conteúdo desses materiais. O problema central detectado na forma como o livro texto apresenta a lei de Gauss está relacionado a operacionalidade que é dada ao tema, “sem explorar seu caráter de lei geral do eletromagnetismo” (MOREIRA; KREY, 2006, p. 354).

Após, aplicou-se um questionário a 74 aprendizes de Engenharia matriculados na disciplina de Eletromagnetismo, contendo três questões teóricas e dois problemas. Da análise das respostas dos aprendizes foi possível definir três categorias: a) dificuldades na interpretação da lei, os aprendizes conseguiram apenas identificar aspectos formais e operacionais, ou seja, não compreenderam o significado físico da lei de Gauss; b) dificuldades operacionais, os aprendizes não conseguiram escolher e localizar a superfície gaussiana, e têm dificuldades em identificar a carga líquida, além disso, mostraram que possuem muitas dificuldades quanto ao formalismo matemático; e, c) dificuldades conceituais que envolvem as dificuldades a) e b) e pouca compreensão do conceito de fluxo elétrico.

A ausência de significado físico que os aprendizes dão a lei de Gauss pode ser um reflexo do modo como ela é apresentada a eles. Para Moreira e Krey (2006), os aprendizes, repetem a operacionalidade do livro texto e das aulas, dessa forma veem a lei de Gauss apenas como uma forma de calcular o vetor campo elétrico de maneira mais vantajosa. Os conhecimentos são construídos isoladamente, por exemplo, a superfície gaussiana, para eles, só pode ser esférica ou cilíndrica. Os autores acreditam que apesar dos alunos aprenderem os conceitos, falta a

construção dinâmica do conhecimento. Assim, as dificuldades de aprendizagem permanecerão se o conhecimento continuar sendo apresentado apenas em seu estado final e operacional.

A publicação de Guisasola et al. (2008) analisou as dificuldades de aprendizagem que os aprendizes têm em relação aos fenômenos da carga elétrica explicados por meio dos conceitos de potencial e capacidade elétrica. Para verificar as dificuldades foi aplicado um questionário a 161 aprendizes de vários níveis educacionais. Também foi realizada entrevista com 7 aprendizes do Ensino Superior como uma maneira de comparar as respostas obtidas via questionário. Foi possível observar que poucos aprendizes são capazes de usar conceitos essenciais para uma análise de interação elétrica, como diferença de potencial, carga, campo e força elétrica, e capacidade elétrica. Esses conceitos não são expressados de forma científica pelos aprendizes, mesmo entre aqueles que estudaram Física por pelo menos dois anos. Para os autores, as causas dessas dificuldades estão relacionadas à própria construção do referencial teórico da eletricidade, que pode gerar uma compreensão confusa quando transposta ao contexto de ensino.

Em pesquisa sobre a compreensão do conceito de indução eletromagnética, Guisasola, Almudí e Zuza (2010) aplicaram um questionário a 138 aprendizes de um curso de Física, no qual 6 deles foram entrevistados sobre suas respostas dadas ao questionário. Algumas dificuldades conceituais são comuns entre os estudantes, como a falta de clareza em relação ao papel do campo magnético na produção de força eletromotriz, também não interpretam as forças atuantes sobre os elétrons de uma espira, e confundem a área do circuito com a área de integração na lei de Faraday, muitos usam a equação da lei de Faraday de maneira mecânica. A conclusão é que os aprendizes não entendem um modelo de indução eletromagnética em termos de campo e ações que o campo exerce sobre os elétrons.

Özdemir e Coramik (2018) são os únicos autores que pesquisaram as dificuldades de aprendizagem no uso da regra da mão direita usada no eletromagnetismo. Eles aplicaram um teste diagnóstico a 270 aprendizes do segundo ano de um curso de Ciências (Física, Química e Matemática), em que alguns foram submetidos a entrevista não estruturada. Os resultados apontaram que os aprendizes não conseguiram determinar a direção do campo magnético em torno

de um fio condutor carregado, não conseguiram explicar o significado físico de um vetor unitário, e não conseguiram determinar a direção da força magnética aplicando a regra da mão direita. Segundo Özdemir e Coramik (2018), os aprendizes não conseguem aplicar a regra da mão direita por considerarem que as linhas do campo magnético e a força magnética apontam na mesma direção, e também falta a eles o pensamento espacial.

A última publicação referente às dificuldades de aprendizagem em eletromagnetismo apresentada, é uma pesquisa de Barniol, Zavala e Campos (2018). Eles aplicaram um teste a 310 aprendizes de uma Universidade mexicana, contendo 20 questões sobre eletricidade e 12 sobre magnetismo. Com os resultados do teste foi possível detectar onze dificuldades recorrentes entre os aprendizes, sendo elas: a) dificuldades na distribuição de cargas em condutores e isolantes, pois não compreendem as condições para o equilíbrio eletrostático e ignoram o princípio de conservação da carga; b) dificuldades ao aplicar a lei de Coulomb, por não compreenderem conceito de força elétrica; c) dificuldades na superposição de força elétrica e campo elétrico, visto que ignoram o efeito do tipo de carga; d) dificuldades na força causada por um campo elétrico, como uma consequência da não compreensão da segunda lei de Newton, e também não interpretaram corretamente o diagrama de linha de campo.; e) dificuldades dos conceitos de energia potencial, elétrica e trabalho elétrico; f) dificuldades nos conceitos de potencial, campo e força elétrica, já que confundem potencial elétrico com campo elétrico e erraram as relações de magnitude e direção das forças; g) dificuldades no efeito de carga induzida, pois nem consideraram o efeito para o condutor atingir o equilíbrio eletrostático; h) dificuldades na força magnética ao aplicar a lei de Lorentz, pois não compreendem a interação da carga elétrica em um campo magnético, e também não sabem usar a regra da mão direita; i) dificuldades no campo magnético causado por uma corrente, pois confundiram campo elétrico com campo magnético; j) dificuldades em aplicar a lei de Faraday, por não reconhecerem a força eletromotriz induzida e não compreenderam conceitos relacionados ao fluxo magnético; k) dificuldades em aplicar a terceira lei de Newton.

Dificuldades de Aprendizagem em Física Moderna

Dos artigos relacionados a Física Moderna, um descreve as dificuldades de aprendizagem em Física Quântica (SINARCAS; SOLBES, 2013), e o outro as dificuldades de aprendizagem em Relatividade Especial (TANEL, 2014).

Sinarcas e Solbes (2013) investigaram as dificuldades de 78 aprendizes, do segundo ano de bacharelado, em aspectos básicos da Física Quântica. Para verificar a compreensão dos aprendizes sobre o tema, um questionário foi desenvolvido e aplicado. Os autores também investigaram como o livro texto e o professor podem influenciar estas dificuldades, para isso dez livros texto foram analisados e um questionário foi aplicado a 34 professores de um curso de formação continuada de Física Quântica.

As respostas dos aprendizes mostram que eles não compreendem uma série de conceitos da Física quântica, por exemplo, não conseguem expressar a ideia de elétron, fóton, não sabem explicar o modelo de Bohr, nem representar a trajetória das partículas, poucos sabem as diferenças entre a Física Clássica e a Física Quântica, e não conseguem apontar implicações tecnológicas e sociais dentro da temática. Todos esses dados são apontados de forma quantitativa, dessa forma o levantamento teórico que foi realizado pelos autores se mostra mais eficaz em identificar o que parece ser a principal causadora das dificuldades em Física Quântica. O aprendiz não compreende os modelos da Física Clássica e suas limitações, por isso não veem a Física Quântica como uma mudança necessária. Portanto, não compreendem o papel dos modelos e nem entendem o comportamento quantum.

Os autores apresentaram a hipótese inicial de que a origem das dificuldades dos aprendizes em Física Quântica está relacionada a maneira como o conteúdo é apresentado pelo professor e pelos livros texto. Por isso, ao realizar a análise dos livros texto eles apontaram vários problemas, como por exemplo, esses materiais não descreverem a crise da Mecânica Clássica, ou o uso do problema do corpo negro que, para os autores, é inadequado didaticamente falando. Os livros texto não apontam uma justificativa adequada a dualidade onda-partícula, nem apresentam os elétrons, prótons, nêutrons etc., como objetos diferentes daqueles clássicos, nem descrevem as diferenças entre a Física Clássica e a Física Quântica. Segundo Sinarcas e Solbes (2013) as implicações tecnológicas e sociais não são apresentadas pelos livros texto. De acordo com os autores, todas essas

características não favorecem a boa aprendizagem de Física Quântica e, em alguns aspectos podem, inclusive, introduzir ideias incorretas sobre os temas.

Do questionário aplicado aos professores, os autores verificaram que alguns deles possuem concepções alternativas quanto a dualidade onda-partícula, cometeram equívocos ao explicar os relacionamentos de indeterminação de Heisenberg e não conseguiram apontar qualitativamente as implicações tecnológicas e sociais da Física Quântica. Acredita-se que os professores não consigam identificar as dificuldades dos aprendizes em relação em a Física Quântica, pois para eles apenas existem dificuldades se os aprendizes não conseguem resolver problemas numéricos. Sinarcas e Solbes (2013) também acreditam, que assim como os livros texto, a prática dos professores não favorecem a aprendizagem. Por fim, os autores declaram que os aprendizes dificilmente atingirão a aprendizagem significativa, pois o ensino não os favorece.

A pesquisa de Tanel (2014) apresentou quais são as dificuldades de aprendizagem dos aprendizes sobre Relatividade Espacial e apontou quais são as causas dessas dificuldades. Para isso, 78 aprendizes matriculados em um curso de Física Moderna do Ensino Superior foram selecionados para responder três questões abertas sobre Relatividade Especial, sendo que 24 deles participaram de uma entrevista sobre as respostas dadas ao questionário. Os resultados apontaram que os aprendizes apenas memorizam as consequências da Relatividade Especial, não conseguindo aplicar os conceitos posteriormente. Eles também memorizam as fórmulas para solucionar problemas, para os autores isso pode ocorrer pois o tema está distante da experiência cotidiana dos aprendizes, como consequência eles não acreditam nos resultados indicados nas soluções de problemas. Com as respostas o autor também conseguiu verificar que os aprendizes acreditam que a contração de comprimento ocorre apenas em sistemas móveis. Tanel (2014) acredita que estes erros são uma consequência da falta de compreensão dos aprendizes sobre as posições relativas dos observadores e sistemas de referência.

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “Concepções de Estudantes de um Curso de Licenciatura em Física sobre suas Dificuldades de Aprendizagem nas Disciplinas”, sob a responsabilidade da pesquisadora Maryelly da Silva Faria, estudante do curso de pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia. A pesquisa será desenvolvida sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi, Professor Titular do Instituto de Física da UFU (<http://www.infis.ufu.br>) e professor do corpo docente permanente do Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional e do Programa de Pós-graduação em Educação.

Nesta pesquisa nós estamos buscando investigar as suas concepções sobre as suas dificuldades de aprendizagem nas disciplinas e como essas dificuldades têm sido trabalhadas por vocês. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será entregue pela pesquisadora Maryelly da Silva Faria na própria universidade em horário que você estiver disponível. Após a entrega do termo você poderá pensar, no tempo que for necessário a você, se participará ou não desta pesquisa. Na sua participação, você responderá a um questionário com 38 questões fechadas sobre seu perfil pessoal e de estudos, e também será realizada uma entrevista sobre suas dificuldades de aprendizagem nas disciplinas e como você tem feito para superar as mesmas. Todo procedimento levará em torno de uma hora e a entrevista será gravada se assim você permitir, após a transcrição das gravações para a utilização na pesquisa o material será desgravado.

Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada.

Você não terá nenhum gasto nem ganho financeiro por participar na pesquisa.

Os riscos consistem em você poder se sentir desconfortável com as perguntas ou sentir algum estresse devido o tempo de duração da entrevista, mas você poderá fazer pausas ou não responder caso não queira. Os benefícios serão contribuições para a discussão em torno da melhoria da qualidade do ensino universitário.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou coação. Até o momento da divulgação dos resultados, você também é livre para solicitar a retirada dos seus dados, devendo o pesquisador responsável devolver-lhe o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por você.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você. Em caso de qualquer dúvida ou reclamação a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Maryelly Silva Faria, no número (34) 99236-5825, pelo e-mail: maryellyfaria@gmail.com ou até mesmo na Universidade Federal de Uberlândia, campus Santa Mônica, no bloco 1x, sala 1x05. Você poderá também entrar em contato com o CEP - Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos na Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, campus Santa Mônica – Uberlândia/MG, 38408-100; telefone: 34-3239-4131. O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Uberlândia, de de 20.....

Rubrica do Participante da pesquisa Rubrica do Pesquisador

Assinatura do(s) pesquisador(es)

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Assinatura do participante da pesquisa

APÊNDICE D - Validação de Questionário para Pesquisa

Prezado Avaliador,

Agradecemos, antecipadamente, a sua inestimável contribuição para validar três Questionários que servirão para identificar as dificuldades dos aprendizes na sua trajetória acadêmica e verificar como eles ou os seus professores concebem a origem e a solução de tais dificuldades.

Tal questionário será utilizado no trabalho de Mestrado da Sra. Maryelly Silva Faria, aprendiz do Programa de Pós-graduação em Educação, da Universidade Federal de Uberlândia e sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi.

Gostaríamos que você avaliasse as questões de cada Questionário (numeradas e em negrito), apontando a classificação de cada pergunta quanto ao atributo a que você a associa e ao objetivo que você atribui à pergunta. Caso tenha alguma dúvida, crítica ou comentário de qualquer natureza acerca da questão, solicitamos que utilize o espaço apropriado para se manifestar.

Muito obrigado.

Maryelly Silva Faria

Eduardo Kojy Takahashi

1) Em quais disciplinas você tem tido maiores dificuldades de aprendizagem?
Localização e Objetivo do Item:
1 – A qual atributo esse item pertence? <input type="checkbox"/> Percepção (do aprendiz em relação à sua dificuldade) <input type="checkbox"/> Responsabilização (pela existência ou solução da dificuldade) <input type="checkbox"/> Solução (da dificuldade)
2 – O item busca identificar se o aprendiz explicita normalmente suas dificuldades de aprendizagem <input type="checkbox"/> Concordo fortemente <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Não possuo opinião a respeito <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Discordo fortemente
Comentários

2) Que dificuldade você tem tido na disciplina?

Localização e Objetivo do Item:

1 – A qual atributo esse item pertence?

- Percepção (do aprendiz em relação à sua dificuldade)
- Responsabilização (pela existência ou solução da dificuldade)
- Solução (da dificuldade)

2 – O item busca identificar se o aprendiz explicita as suas dificuldades de aprendizagem

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não possuo opinião a respeito
- Discordo
- Discordo fortemente

Comentários

3) Qual a origem dessa sua dificuldade?

Localização e Objetivo do Item:

1 – A qual atributo esse item pertence?

- Percepção (do aprendiz em relação à sua dificuldade)
- Responsabilização (pela existência ou solução da dificuldade)
- Solução (da dificuldade)

2 – O item busca identificar a que/quem o aprendiz atribui suas dificuldades de aprendizagem

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não possuo opinião a respeito
- Discordo
- Discordo fortemente

Comentários

4) O que acha que deveria ter sido feito antes de você cursar a disciplina, para que você não tivesse essa dificuldade?

Localização e Objetivo do Item:

1 – A qual atributo esse item pertence?

- Percepção (do aprendiz em relação à sua dificuldade)
- Responsabilização (pela existência ou solução da dificuldade)
- Solução (da dificuldade)

2 – O item busca identificar se o aprendiz revela limitações para superar suas dificuldades de aprendizagem

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não possuo opinião a respeito
- Discordo
- Discordo fortemente

Comentários

5) Como você acha que o professor da disciplina poderia te auxiliar na superação dessas dificuldades?

Localização e Objetivo do Item:

1 – A qual atributo esse item pertence?

- Percepção (do aprendiz em relação à sua dificuldade)
- Responsabilização (pela existência ou solução da dificuldade)
- Solução (da dificuldade)

2 – O item busca identificar se o aprendiz tribui a solução das suas dificuldades de aprendizagem a fatores externos à sua pessoa

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não possuo opinião a respeito
- Discordo
- Discordo fortemente

Comentários

6) Como acha que você poderia proceder para conseguir superar essa dificuldade?

Localização e Objetivo do Item:

1 – A qual atributo esse item pertence?

- Percepção (do aprendiz em relação à sua dificuldade)
- Responsabilização (pela existência ou solução da dificuldade)
- Solução (da dificuldade)

2 – O item busca identificar se o aprendiz atribui a responsabilidade da solução das suas dificuldades de aprendizagem a si mesmo

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não possuo opinião a respeito
- Discordo
- Discordo fortemente

Comentários

7) O que você tem feito para tentar superar essas dificuldades?

Localização e Objetivo do Item:

1 – A qual atributo esse item pertence?

- Percepção (do aprendiz em relação à sua dificuldade)
- Responsabilização (pela existência ou solução da dificuldade)
- Solução (da dificuldade)

2 – O item busca identificar se o aprendiz revela empenho para superar as suas dificuldades

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não possuo opinião a respeito
- Discordo
- Discordo fortemente

Comentários

8) O que tem lhe impedido de proceder, da forma como acha que deveria, para superar as dificuldades nessa disciplina?

Localização e Objetivo do Item:

1 – A qual atributo esse item pertence?

- Percepção (do aprendiz em relação à sua dificuldade)
- Responsabilização (pela existência ou solução da dificuldade)
- Solução (da dificuldade)

2 – O item busca identificar se o aprendiz revela limitações para tentar superar suas dificuldades

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não possuo opinião a respeito
- Discordo
- Discordo fortemente

Comentários