

O ESTUDO DO COMPORTAMENTO DUAL DA LUZ COM A MEDIÇÃO DA APRENDIZAGEM COOPERATIVA: UMA ANÁLISE QUALITATIVA DO EFEITO FOTOELÉTRICO

Francisco Ivanildo de Sousa¹
Ana Raquel Pereira de Ataíde²

RESUMO

Considerando a necessidade de novas abordagens metodológicas para o ensino de Física com vistas à formação integral do estudante, descreveremos neste artigo a aplicação de uma sequência didática aportada nos pressupostos teórico-metodológicos da Aprendizagem Cooperativa (AC), para estudantes da terceira série do ensino médio de uma escola pública do estado do Ceará. Esta metodologia de estudo em pequenos grupos tem se apresentado como recurso promissor para a melhoria do ensino e da aprendizagem na disciplina de Física ao promover a interação entre os pares, a resolução de conflitos, a redução da competitividade, a criação de espaços de discussão e o confronto saudável de ideias imprescindíveis para a construção do conhecimento. O objetivo da sequência didática é auxiliar os estudantes na construção qualitativa dos conceitos relacionados à dualidade onda-partícula e ao Efeito Fotoelétrico. Para tanto, três atividades cooperativas foram propostas sobre a temática, e sua aplicação foi viabilizada a partir da utilização dos métodos cooperativos Jigsaw, Think-Pair-Share e Cabeças Numeradas. Os resultados obtidos indicam que a utilização das estratégias cooperativas possibilitaram aos estudantes compreender os diferentes conceitos atrelados ao estudo do comportamento dual da luz ampliando assim a sua base conceitual.

Palavras-chave: Aprendizagem Cooperativa, Efeito Fotoelétrico. Dualidade Onda-Partícula.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico institui à escola o imperativo de implementar diferentes formas de posicionar-se frente ao conhecimento científico historicamente acumulado com a incumbência de compreender o contexto em que este foi gestado, sua aplicação na solução das demandas sociais, bem como a necessidade de buscar novas estratégias para sua transmissão e sua aquisição pelos estudantes. A esse respeito referem às Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (DCN) quando afirmam “O desenvolvimento científico e tecnológico acelerado impõe à escola um novo posicionamento de vivência e convivência com os conhecimentos capaz de acompanhar sua produção acelerada” (BRASIL, 2013, p. 167).

¹ Mestrando do Curso de Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, pfivanildosousa@email.com;

² Professora orientadora: Doutorado, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, arpataide@yahoo.com.br.

Como resultado do avanço científico-tecnológico impetrado no final do século XX e início do século XXI, uma extensa quantidade de informações passou a ser disponibilizada e está ao acesso do estudante. “O volume de informações, produzido em decorrência das novas tecnologias, é constantemente superado, colocando novos parâmetros para a formação dos cidadãos. Não se trata de acumular conhecimentos” (BRASIL, 2000, p. 5).

Assim, a escola precisa criar mecanismos que fomentem no educando o desenvolvimento de estruturas cognitivas para adequar, assimilar e acomodar, essas informações num processo de equilíbrio. Desta forma todo esforço em torno do fazer pedagógico da escola deve precisamente centrar-se no aprender a aprender, “para que, mais que acumular conteúdos, o estudante desenvolva a capacidade de aprender, de pesquisar, de buscar e (re)construir conhecimentos” (BRASIL, 2013, p. 181).

Desenvolver a consciência crítica, o protagonismo e a participação como instrumentos de transformação das realidades, aliado a isso a aprendizagem é sem dúvida o desafio que se faz cada vez mais urgente frente ao contexto social que se apresenta. Porém, como responder as indagações e reivindicações da sociedade e do mercado de trabalho com uma estrutura educacional – aula expositiva – marcada historicamente pela centralidade do processo ensino-aprendizagem apenas na figura do professor? Freire (1979, p. 38) pondera que as sociedades começam a inscrever-se nesse processo de abertura, porém a “educação ainda permanece vertical”, onde “o professor ainda é um ser superior que ensina a ignorantes”.

De acordo com Antunes (2003, p. 44) “A aula expositiva convencional é, em geral, uma estratégia de ensino marcada pela atitude passiva e pela ação altamente individualista do aluno. Sua utilização representa uma verdadeira ofensa à ideia de uma escola como centro de socialização”. Para o autor uma escola onde predomina a metodologia convencional o professor assemelha-se ao agricultor lançando sementes na expectativa que alguma caia em um terreno fértil

Não importa neste caso se na sala estão presentes vinte ou cinquenta alunos, em geral, a aula expositiva é uma conferência em que o professor recita em voz alta alguns dos elementos de seu pensamento, como o intento de lançar sementes com a esperança de que algumas caiam em terreno fértil (ANTUNES, 2003, p. 44).

Em contra partida na cooperação, evidenciam-se os ideais de solidariedade, esforço mútuo, responsabilidade individual, interdependência positiva e o desenvolvimento de habilidades sociais. A aprendizagem cooperativa não é trabalho em grupo (LOPES; SILVA, 2009). Numa estrutura cooperativa sobressai-se o compartilhamento de responsabilidades, as

possibilidades de intervenção, a criação de relações positivas e o processamento de grupo como ápice da ação cooperativa.

Tendo em vista que o ensino de Física no Brasil (educação básica - nível médio) historicamente tem sido marcado por diversos desafios que se apresentam sob a égide da falta de motivação dos estudantes, fragmentação e descontextualização do conteúdo, ênfase nas formulações matemáticas em detrimento dos aspectos conceituais e suas correlações ao cotidiano do estudante, formação docente pautada na transmissão e na centralidade do processo de ensino no professor. Suplantar esses desafios requer a adoção de estratégias de ensino que priorizem o compartilhamento do conhecimento, a descentralização do papel do professor e por fim a compreensão de que o estudante deve ser coautor no processo de ensino-aprendizagem.

Considerando a escassez de propostas de ensino sobre a temática do efeito fotoelétrico voltadas para o ensino médio, a importância que a compreensão correta do fenômeno no início do século XX teve para o surgimento de uma nova concepção da ciência Física, atrelado a tudo isso a necessidade de se propor estratégias de ensino centradas no estudante como construtor da própria aprendizagem, bem como a escassez de atividades didáticas organizadas com base nos pressupostos da metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física, elaboramos, aplicamos e avaliamos uma sequência didática composta por três atividades desenvolvidas a partir dos métodos cooperativos Jigsaw, Thik - Pair - Share e Cabeças Numeradas com o objetivo de auxiliar os estudantes na compreensão qualitativamente do efeito fotoelétrico e a possibilidade de um modelo corpuscular da luz.

REFERENCIAL TEÓRICO

A aprendizagem cooperativa pode ser compreendida como um exercício educacional realizado em pequenos grupos em que os estudantes trabalham juntos visando atingir um objetivo comum, orientados por atividades intencionalmente elaboradas e claramente designadas. Como explicita Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 5) “A aprendizagem cooperativa é o emprego didático de grupos reduzidos nos quais os alunos trabalham juntos para maximizar sua própria aprendizagem e a dos demais”.

Os estudantes são organizados em pequenos grupos que após receberem instruções do professor começam a trabalhar conforme o que foi solicitado, até que todos os componentes consigam compreender e completar a tarefa com sucesso. Nessa perspectiva Campos et al. (2003, p. 26) dissertam que a “aprendizagem cooperativa é uma técnica ou proposta pedagógica na qual os estudantes ajudam-se no processo de aprendizagem atuando como

parceiros entre si [...]”. Assim a aprendizagem cooperativa é um conjunto de métodos que podem ser utilizados pelo professor para organizar, orientar e conduzir o processo de ensino e fomentar a aprendizagem.

Dispor os estudantes em grupos e solicitar que trabalhem juntos não é desenvolver uma atividade cooperativa, sentá-los à volta de uma mesa para que possam interagir uns com os outros sem estruturar a comunicação, o diálogo e a participação equitativa entre eles não é cooperação. Lopes e Silva (2009, p. 15) referem a esse respeito “pôr os alunos a trabalhar em grupo para aprenderem não o mesmo que estruturar a cooperação entre os alunos”. Para que qualquer atividade em grupo seja verdadeiramente cooperativa cinco elementos básicos precisam estar presentes. Sem o estabelecimento dessas condições pelo professor não pode haver cooperação (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1999).

A **interdependência positiva** é o núcleo da aprendizagem cooperativa. Será assegurada quando todos os membros do grupo são conscientes de que não poderão alcançar o êxito na realização de uma atividade a menos que também o alcancem seus companheiros. Para que isso ocorra todos os membros do grupo precisam ter tarefas e funções designadas responsabilizando-se por elas (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1999, LOPES; SILVA, 2009). Cohen e Lotan (2017, p. 85) “é essencial tornar cada aluno pessoalmente responsável por contribuir para o sucesso de sua equipe e pelo domínio dos conceitos envolvidos”. Assim, a interdependência positiva atua como o agente gerador de situações interativas onde os alunos em pequenos grupos trabalham em conjunto para maximizar a aprendizagem da equipe, partilhando recursos, encorajando-se mutuamente e celebrando o sucesso juntos (LOPES; SILVA, 2009).

A **responsabilidade individual** é caracterizada pelo compromisso individual consigo mesmo e com os demais componentes da célula. Cada membro da célula responsabiliza-se pelas aprendizagens e tarefas atribuídas. A ninguém é dado aproveitar-se do trabalho do outro (LOPES; SILVA 2009).

A **Interação Face-a-Face** atua como agente promotor da interdependência positiva, maximizando a oportunidade dos alunos atuarem como sujeitos da aprendizagem e do sucesso uns dos outros. Para Lopes e Silva (2009, p. 18),

[...] enquanto a interdependência positiva cria as condições para que os alunos trabalhem juntos, é a interação face a face que efetiva as possibilidades de que os alunos trabalhem em conjunto, promovam o sucesso uns dos outros e estabeleçam as relações pessoais que serão essenciais para o desenvolvimento dos valores pluralistas.

Nesse sentido Johnson, Johnson e Smith (1998, p. 93) esclarecem que a cooperação resulta da interdependência positiva, que por sua vez deriva da interação promotora ou face a face, onde “os indivíduos estimulam e facilitam os esforços mútuos para se aprender”, movidos entre si pelo mesmo objetivo. Para obter-se uma interação promotora eficaz os grupos devem ser suficientemente pequenos (2 a 4 elementos), assim todos podem interagir e participar de forma equitativa, permitindo que o grupo ganhe consciência dos seus objetivos de trabalho e os aceite (LOPES; SILVA, 2009).

De acordo com Johnson, Johnson e Smith (1998) por não serem natas às **habilidades sociais** tal como os conteúdos acadêmicos precisam ser ensinadas. Quanto maior o nível de desenvolvimento das habilidades sociais, maior o grau de cooperação entre os alunos e maior a atenção dispensada aos professores. Lopes e Silva (2009, p. 19) reportam que “o professor tem que lhes ensinar as práticas do trabalho em equipe com a mesma seriedade e precisão com que ensina as matérias escolares”. O sucesso de um grupo cooperativo exige o desenvolvimento de habilidades interpessoais, orientar os alunos para trabalharem um ao lado do outro não garante um trabalho eficaz.

Os alunos precisam ter a oportunidade de trabalharem juntos de forma cooperativa, a fim de desenvolverem as capacidades sociais necessárias para o sucesso do grupo e que a ausência dessas competências potencializa o insucesso na aplicação da aprendizagem cooperativa.

O **processamento de grupo** deve ser realizado sempre que um projeto de aprendizagem é concluído sendo, portanto sistemático e periódico permite que a célula reflita sobre o seu desempenho na medida em que seus membros analisam o alcance das metas estabelecidas e as estratégias para tornar mais eficaz o seu trabalho. Configura-se também como a oportunidade para que cada elemento do grupo possa identificar quais ações foram positivas e que deverão ser mantidas e quais ações não contribuíram para o bom desempenho da equipe e que compromissos serão feitos para buscar a eficiência do grupo (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1999). Deve-se dar tempo e condições suficientes aos alunos para que avaliem o modo como estão desempenhando suas funções dentro do grupo, como têm posto em prática as competências sociais trabalhadas e assegurar que a cada componente receba feedbacks pela sua participação.

METODOLOGIA

Este trabalho é resultado da aplicação de uma proposta de intervenção pedagógica realizada de forma intencional e experimental elaborada a partir dos pressupostos teórico-

metodológicos da aprendizagem cooperativa em que buscamos verificar o nível de aquisição dos conceitos inerentes a dualidade onda-partícula e ao efeito fotoelétrico por estudantes da terceira série do ensino médio da EEMTI Liceu Professor José Teles de Carvalho localizada no município de Brejo Santo estado do Ceará. Trata-se de um estudo qualitativo onde faremos um relato do desenvolvimento das atividades propostas, bem como apresentaremos de forma quantitativa prováveis indícios que apontam para a consolidação dos conceitos propostos.

Utilizamos como instrumento para coleta de gravações em áudio, inquérito final global e processamento de grupo feito pelos estudantes ao final de cada encontro. Estabelecemos como variáveis a serem analisadas à metodologia da aprendizagem cooperativa e o nível de aquisição dos conceitos atinentes à dualidade onda-partícula e ao efeito fotoelétrico.

Quanto ao inquérito final global este constava de quinze questões divididas em três blocos. As questões 1, 3, 5, 8, 9, 10 e 11 permitiram verificar o nível de conhecimento dos estudantes quanto à natureza da luz, as questões 7 e 15 tratavam da aplicação prática do efeito fotoelétrico e os itens 2, 4, 6, 12, 13 e 14 visavam inferir o nível de aquisição dos conceitos relativos ao efeito fotoelétrico. O questionário foi avaliado por três professores de Física e aplicado em uma turma do curso de licenciatura em Ciências Naturais da Universidade Federal do Cariri (UFCA).

A turma era composta por trinta e oito estudantes com desempenho escolar diversificado, dentre eles alguns alunos com sérias dificuldades no tocante a formulação matemática e à aplicação de conceitos no cotidiano. Durante a aplicação das atividades, buscou-se incentivar e mobilizar os estudantes a refletirem e cooperarem entre si com o intuito de compreenderem o comportamento ondulatório e corpuscular da luz este último como fundamental para a compreensão do efeito fotoelétrico.

A intervenção pedagógica consistiu na implementação de três atividades de aprendizagem agrupadas em oito aulas distribuídas em dois blocos com quatro aulas cada. Para sua implementação utilizamos as estratégias cooperativas Jigsaw, Think-Pair-Share e Cabeças Numeradas. Como suporte às atividades utilizamos o recurso do projetor multimídia, computador, laboratório virtual do PheT e textos impressos.

Iniciamos o primeiro encontro, com a exibição do vídeo “A Saga do prêmio Nobel - parte 1³”. Os estudantes foram instigados a refletirem acerca da maneira como a ciência é construída e o papel do cientista nessa construção. Assim, eles puderam perceber que o conhecimento científico historicamente acumulado é resultado de longos anos de trabalho e

³ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=bsCvfiCEmvc>>. Acessado em 21 de março de 2019

da contribuição de várias pessoas e que, portanto a ciência não é algo pronto e acabado feito por gênios trabalhando de forma isolada. Após a análise do vídeo iniciamos uma discussão problematizada acerca dos conhecimentos básicos de ondulatória e Ótica, com o suporte do PheT. A primeira atividade cooperativa (método Jigsaw) foi realizada a partir da leitura e discussão dos textos⁴ (Antecedentes: a natureza da luz antes do século XVII; Mudança de cenário: revoluções e mais controvérsias; e Ressurgimento da teoria ondulatória: a experiência de Young). A turma foi organizada em células com três componentes e devidamente orientada quanto à metodologia. Nos grupos base os alunos dispuseram de vinte minutos para leitura e produção de um pequeno resumo com base na sua compreensão sobre o texto lido.

A atividade prosseguiu como a formação do grupo de especialistas, composto por estudantes que possuíam o mesmo texto. No grupo de especialistas cada estudante dispôs de cinco minutos para explicar aos novos colegas o que compreendeu sobre o material estudado. Terminada a discussão estes juntos produziram um consenso sobre a temática abordada. O grupo de especialistas foi desfeito e os estudantes retornaram ao grupo de origem, especialistas no seu texto. No grupo base cada membro expôs em cinco minutos o conteúdo do seu material. Ao final da discussão os mesmos produziram um consenso acerca dos três textos estudados e apresentaram à turma.

Encerramos o primeiro encontro com o processamento de grupo, onde os estudantes avaliaram sua participação enquanto cooperadores das aprendizagens e poderão propor estratégias e condutas para melhoria das aulas seguintes.

Iniciamos o segundo encontro com a segunda atividade cooperativa (método Think-Pair-Share ou Pensar-Formar pares-Partilhar) que foi viabilizada a partir da leitura do texto⁵ (O efeito fotoelétrico e o abalo no modelo ondulatório da Luz). A turma foi organizada em pares. Cada estudante recebeu um texto e um formulário para as anotações. Durante a leitura dever-se-ia fazer anotações prévias, grifar termos/partes que não compreendessem ou palavras que não soubessem o significado.

Após a leitura individual do texto cada estudante anotou no formulário entregue pelo professor no campo - o que eu penso - o que entendeu sobre o texto. Cada membro do par relatou para o colega o que compreendeu sobre material estudado. Após cada relato, cada estudante disponha de dois minutos para registrar no formulário entregue pelo professor no

⁴ Disponível em: < http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/_aexperienciadeyoungapedr.trabalho>. Acesso em 18 de novembro de 2018

⁵ Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/10442/Efeito_Fotoeltrico_GP.pdf>. Acesso em 20 de novembro de 2018.

campo - o que pensa meu colega - a explicação do companheiro. O processo se repetiu até que todos participassem da discussão. Concluímos a atividade com a apresentação dos relatos individuais à turma.

A terceira atividade cooperativa foi desenvolvida com o objetivo de consolidar as discussões acerca do efeito fotoelétrico, sendo estruturada a partir do método cooperativo Cabeças Numeradas. Para a realização dessa atividade dividimos os estudantes em equipes com quatro componentes que deveriam cooperativamente resolver uma série de oito questões conceituais acerca do efeito fotoelétrico. Os estudantes em seus respectivos grupos foram enumerados aleatoriamente, em seguida cada grupo recebeu um problema para ser lido pelo coordenador e discutido entre os membros da equipe. Cada estudante individualmente pensa uma solução para o problema. Após discutiram a melhor estratégia de resolução, entram em consenso sobre a melhor resposta e compartilham entre si a solução encontrada a fim de garantir que todos aprendem o conceito ali abordado visto que um membro do grupo será sorteado para expor oralmente a solução encontrada. O processo se repetiu até que todas as questões foram resolvidas.

Encerramos o segundo encontro com a aplicação do inquérito final global e o processamento de grupo, onde os estudantes poderão auto avaliar-se, bem como refletir sobre possíveis comportamentos inadequados durante o desenvolvimento das atividades, ou seja, que condutas devem ser mantidas e quais devem ser abandonadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção analisamos o nível de compreensão conceitual dos estudantes após a realização da intervenção, dividimo-la em: análise dos aspectos qualitativos quanto à natureza dual da luz, análise dos aspectos qualitativos quanto ao efeito fotoelétrico e análise dos aspectos quantitativos quanto ao inquérito final global.

Análise dos aspectos qualitativos quanto à natureza dual da luz

Finalizada a primeira atividade cooperativa (Método cooperativo Jigsaw) solicitamos ao relator de cada célula de aprendizagem que apresentasse para a turma o consenso geral da equipe sobre a temática tratada nos textos. O objetivo desse momento consistia em buscar identificar o nível de compreensão conceitual acerca da natureza dual da luz como conteúdo âncora para as discussões sobre efeito fotoelétrico.

Os depoimentos apresentados no Quadro 1 ilustram o posicionamento de alguns estudantes acerca da temática e evidenciam que as estratégias utilizadas favoreceram o processo de construção do conhecimento pelos sujeitos:

Quadro 1 – Relato dos estudantes encerramento da primeira atividade cooperativa

E1	Eu reparei que os três textos que o senhor trouxe ele fala sobre a luz com é... ééé... e eu tava vendo aqui que um texto fala sobre que a luz é produzida por vibrações, ai fala também sobre éter que um fluído é.. como é que eu posso dizer chamadoo, é um fluído lumiferico, lumitero ééé (intervenção do professor luminífero) é isso mesmo professor eeee e os três textos eu acho que um complementa o outro (professor isso) entendeu é isso que eu entendi professor é que cada (ruído) e praticamente se encaixou uma na outra... gostei.
E2	Pronto aqui só complementando o dele (ruído)... no caso o texto 1 ele não afirma a luz ser nem onda nem partícula e não ser material mais, más só em não ser material não pode ser uma partícula, pronto já deixa pra parte da onda. O texto 2 a mesma coisa ... eu não entendi bem ele não me explicou ... o terceiro aqui ele jááá... discorda com a lei de Newton de ele ser partícula, a luz é uma partícula, já afirmando que ela ser uma uma... afirma que é uma onda. Ela afirma aqui já ser uma vibração e só em ser uma vibração afirma também ser uma onda.
E4	No primeiro texto ele táá ... mostra bem (silenciô) as primeiras ideias da luz ai lá nos egípcios lá e tal ai depois ele vai para Grécia onde tem vários pensadores onde eles vão dar digamos queeee... (ruído) pra saber o que é a luz, ou seja, a partir desses três textos é como se fosse é três partes pra saber de fato o que é a trajetória da luz [...] é a historia de vida da luz.

Análise dos aspectos qualitativos quanto ao efeito fotoelétrico

Apresentamos a partir do Quadro 2 os relatos de quatro estudantes após a conclusão da segunda atividade cooperativa, onde abordamos os conceitos relativos ao modelo corpuscular da luz e ao efeito fotoelétrico. Os depoimentos indicam a aquisição dos conceitos esperados e ratificam que a implementação de estratégias ativas são recursos potencializadores do processo ensino-aprendizagem.

Quadro 2 – Relato dos estudantes encerramento da segunda atividade cooperativa

E8	Eu aprendi que éé eles descobriram que é mais fácil obter descargas elétricas em duas esferinhas e uma delas era iluminada por luz ultravioleta. Mais na frente eles descobriram que éé a luz ela consegue arrancar elétrons de metais se essa luz ela tiver uma frequência de onda muito alta.
E4	Bom eu entendi que a luz ela pode interferir nas propriedades elétricas dos objetos, como Leo já tinha falado eu também entendi que... ele definiu que com o resultado dos experimentos com o efeito foto elétrico sugeriram que a luz a gente tinha a ideia de que ela se comportava como onda só que com o tempo Einstein afirmou que ela ia se comportar como partícula tem até aqui falando que Robert (Robert Milikan) ele tentou, ele quis dizer de certa forma que Einstein estava mentindo foi foi procurar provar que ela tava mentindo só que no final ele teve mais a certeza que Einstein estava mais que certo que a luz não se comportava como onda e sim como partícula.
E9	O texto fala que (barulho) em 1888 realizou uma série de experiências que confirmaram a teoria de maxewll e consolidaram a teoria de (barulho) para a luz e que o efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons de uma superfície quando ela é iluminada por luz adequada a luz é uma onda eletromagnética Lenard em 1902 fez um experimento para verificar se os elétrons eram emitidos como previa a teoria ondulatória. Detalhe nenhuma das previsões da teoria ondulatória da luz foi observada no experimento de Lenard.
E14	O conceito de fóton também explica a emissão instantânea do elétron uma vez que ele não precisa ficar absorvendo energia da onda por um grande tempo ele na verdade absorve de uma vez a energia de um fóton.

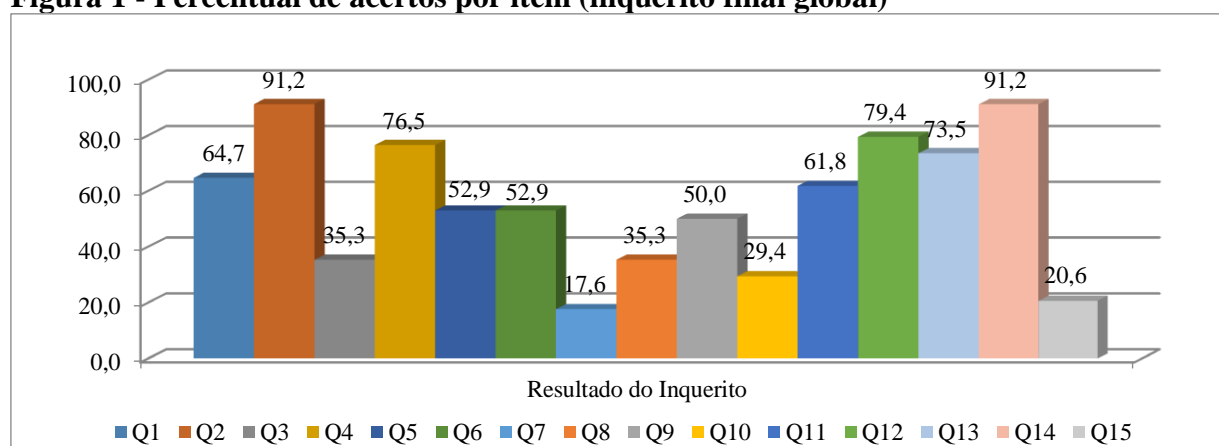
A análise das falas permiti-nos, inferir que as discussões realizadas nos grupos cooperativos favoreceram a aquisição dos conceitos relativos a temática uma vez que foram apresentadas respostas concisas e coerentes com o argumento científico. Podemos evidenciar que os estudantes apropriaram-se da ideia central dos textos sendo capazes de elaborar ressignificações importantes quanto ao assunto abordado. O alto nível de cooperação torna-se perceptível a partir da elaboração do consenso geral para relato à turma o que indica que foi gerada uma interdependência positiva sendo, portanto reduzida consideravelmente as interações do tipo individualista.

Deduzimos também com base nos depoimentos obtidos, que as discussões feitas nos grupos cooperativos a partir da utilização de estratégias ativas (aprendizagem cooperativa) proporcionaram a construção qualitativa do conceito de efeito fotoelétrico e à compreensão de um modelo corpuscular da luz, bem como favoreceram o desenvolvimento de competências sociais e interpessoais, sendo ainda garantida a participação equitativa e o crescimento acadêmico e social dos estudantes.

Análise dos aspectos quantitativos quanto ao inquérito final global

A fim de identificar individualmente indícios da apropriação dos conceitos concernentes ao efeito fotoelétrico e a natureza dual da luz aplicamos após a conclusão da intervenção um questionário ou inquérito final global composto por quinze questões de múltipla escolha relacionadas às temáticas: ondas, luz e efeito fotoelétrico. Para tanto, a partir da Figura 1 analisaremos os itens 2, 4, 6, 12, 13 e 14.

Figura 1 - Percentual de acertos por item (inquérito final global)



Fonte: Os autores (2019)

Em relação aos itens 2 e 6 estes abordavam aspectos importantes sobre a natureza da luz e fundamentais para a compreensão do efeito fotoelétrico. Nestes itens os estudantes foram questionados quanto à dualidade onda-partícula e ao conceito de fóton. Pode-se

perceber com base na Figura 1 que houve a consolidação do conceito proposto, 91,2% dos estudantes admitem um modelo corpuscular para a luz. No tocante ao item 6 salientamos a necessidade de aprofundarmos as discussões acerca do conceito de fóton, como elemento imprescindível para a ocorrência da foto emissão/efeito fotoelétrico.

No item 4 os estudantes foram confrontados com uma situação que envolvia a aplicação prática do efeito fotoelétrico na automação de portas em estabelecimentos comerciais. Pode-se notar a partir da Figura 1 que estes foram capazes de relacionar o fenômeno envolvido e sua aplicação em um contexto da vida real, pois 76,5% obtiveram a resposta desejada.

Quanto à questão 12 os estudantes deveriam identificar o conceito de efeito fotoelétrico. Intuímos a partir da Figura 1 que este foi consolidado visto que o percentual de repostas satisfatórias atingiu 79,4%. Os itens 13 e 14 indagavam acerca da relação entre a frequência e a energia com que os elétrons são ejetados de uma placa metálica após a incidência de radiação eletromagnética de frequência qualquer considerando a luz como onda (modelo clássico – item 13) e como partícula (modelo corpuscular – item 14). A Figura 1 evidencia que os estudantes compreenderam que a ocorrência do efeito fotoelétrico está intrinsecamente associada à frequência da radiação incidente (91,2%) e não a intensidade da luz (73,5%).

Análise das respostas ao inquérito final global permitiu-nos inferir que as leituras individuais, as discussões em grupos cooperativos com a mediação da metodologia da aprendizagem cooperativa favoreceram significativamente a compreensão do fenômeno do efeito fotoelétrico e necessidade de um modelo corpuscular da luz para sua ocorrência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatamos durante a execução das atividades a criação de um ambiente de cooperação - participação ativa e equitativa nas discussões - entre os estudantes, o que lhes permitiu compartilhar conhecimento, enfrentar e resolver conflitos de ideias, reforçar ou refutar suas crenças de senso comum e, portanto tornarem-se sujeitos da sua própria aprendizagem. Espaços de discussão são necessários, pois estes auxiliam na compreensão e aquisição de conceitos, favorecem a participação e potencializam a aprendizagem individual e coletiva.

Salientamos também que aprendizagem cooperativa pode ser utilizada com sucesso em qualquer disciplina, seja na educação básica superior e que sua aplicação acarreta benefícios acadêmicos, sociais e psicológicos, além dos aspectos motivacionais, pois tornam a

aula mais atrativa e menos cansativa. Porém, ressaltamos que a utilização de estratégias cooperativas ou qualquer método de ensino de forma isolada não será suficiente para suplantar os desafios educacionais que se apresentam, bem como não é suficiente dividir os estudantes em pequenos grupos e esperar que eles cooperem sem uma estrutura cooperativa, é preciso rigor no planejamento e na aplicação de atividades cooperativas.

Por fim, esperamos com essa pesquisa motivar outros professores a buscarem estratégias de ensino que tornem os estudantes ativos frente ao processo de ensino-aprendizagem, protagonistas ou construtores da sua própria aprendizagem. Enfatizamos a necessidade de outras pesquisas envolvendo a metodologia da aprendizagem cooperativa e a temática abordada nesse estudo, bem como disponibilizamos todo o material utilizado para os professores que desejarem aplica-lo em suas aulas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Governo Federal. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica. Brasília: MEC, 2013. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

BRASIL. Governo Federal. Ministério da Educação. Parâmetros curriculares nacionais (ensino médio). Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

CAMPOS, Fernanda C.A. et al. Cooperação e aprendizagem on-line. Rio de Janeiro: PD&A Editora, 2003. 167 p. (Educação à distância).

FREIRE, Paulo. **Educação e mudança**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

JOHNSON, David W.; JOHNSON, Roger T.; SMITH, Karl A.. A Aprendizagem Cooperativa Retorna às Faculdades: Qual é a Evidência de que Funciona? In Shirley Freed (2000) **Pensar, Dialogar e Aprender**. in Change, [s.l.], v. 30, n. 4, p.91-102, ago. 1998. 26p. Disponível em: <<https://www.andrews.edu/~freed/ppdfs/readings.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2018.

JOHNSON, David W.; JOHNSON, Roger T.. **Aprender juntos y solos: aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista**. Buenos Aires: Grupo Editorial Aique S.A., 1999.

JOHNSON, David W.; JOHNSON, Roger T.; HOLUBEC, Edyte J.. **El aprendizaje cooperativo en el aula**. Buenos Aires: Editorial Paidós SACIF, 1999.

LOPES, José; SILVA, Helena Santos. Aprendizagem cooperativa da sala de aula: um guia prático para o professor. Lisboa: Lidel, 2009.