



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

JOSÉ ORLANDO BARBOSA DE OLIVEIRA

Aplicando a Metodologia Peer Instruction como Recurso Motivador na Aprendizagem  
de Conceitos de Óptica

BELÉM

2019

JOSÉ ORLANDO BARBOSA DE OLIVEIRA

Aplicando a Metodologia Peer Instruction como Recurso Motivador  
na Aprendizagem de Conceitos de Óptica

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – polo 37 –, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia de Moraes Costa.

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria da Conceição Gemaque de Matos.

BELÉM

2019

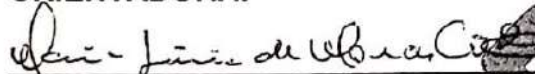
**APLICANDO A METODOLOGIA PEER INSTRUCTION COMO RECURSO MOTIVADOR NA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE ÓPTICA.**

**JOSÉ ORLANDO BARBOSA DE OLIVEIRA**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

**ORIENTADORA:**



Profa. Dra. **MARIA LÚCIA DE MORAES COSTA**  
(MNPEF – UFPA)

**COORIENTADORA:**



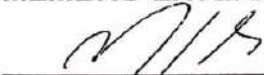
Profa. Dra. **MARIA DA CONCEIÇÃO GEMAQUE DE MATOS**  
(MNPEF – UFPA)

**MEMBRO INTERNO**



Prof. Dr. **ALEXANDRE GUIMARÃES RODRIGUES**  
(MNPEF - UFPA)

**MEMBRO EXTERNO**



Profa. Dra. **MARISA ALMEIDA CAVALCANTE**  
(PUC/SP e UFAM)

Belém - PA  
Abril - 2019

**ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.**

ATA DA 30ª SESSÃO DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTITULADA "APLICANDO A METODOLOGIA PEER INSTRUCTION COMO RECURSO MOTIVADOR NA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE ÓPTICA". PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, COMO DISPÕE O ARTIGO 33º DO REGIMENTO DO MNPEF, REALIZADA ÀS 15 HORAS DO DIA 12 DE ABRIL DE 2019, NO AUDITÓRIO DO LABORATÓRIO DE FÍSICA-ENSINO. A DISSERTAÇÃO FOI APRESENTADA DURANTE 40 MINUTOS PELO CANDIDATO **JOSE ORLANDO BARBOSA DE OLIVEIRA**, MATRÍCULA Nº 201668870024, DIANTE DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, ASSIM CONSTITUÍDA: MEMBROS: PROFA. DRA. MARIA LÚCIA DE MORAES COSTA (ORIENTADORA), PROFA. DRA. MARIA DA CONCEIÇÃO GEMAQUE DE MATOS (COORDINADORA), PROF. DR. ALEXANDRE GUIMARÃES RODRIGUES (MEMBRO INTERNO) E PROFA. DRA. MARISA ALMEIDA CAVALCANTE (MEMBRO EXTERNO). EM SEQUIDA, O CANDIDATO FOI SUBMETIDO À ARGÜIÇÃO, TENDO DEMONSTRADO PLENO CONHECIMENTO NO TEMA OBJETO DA DISSERTAÇÃO, HAVENDO A BANCA EXAMINADORA DECIDIDO PELA APROVAÇÃO DA MESMA, E QUE SE PROCEDA NO PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS A VERSÃO FINAL COM AS RECOMENDAÇÕES SUGERIDAS. PARA CONSTAR, FORAM LAVRADOS OS TERMOS DA PRESENTE ATA, QUE LIDA E APROVADA RECEBE A ASSINATURA DOS INTEGRANTES DA BANCA EXAMINADORA E DO CANDIDATO.

CANDIDATO:

Jose Orlando Barbosa de Oliveira

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Maria Lúcia de Moraes Costa

Prof. Dra. Maria Lúcia de Moraes Costa  
(Orientadora - MNPEF - UFPA)

Prof. Dra. Maria da Conceição Gemaque de Matos

Prof. Dra. Maria da Conceição Gemaque de Matos  
(Coordenadora - MNPEF - UFPA)

Prof. Dra. Marisa Almeida Cavalcante

Prof. Dra. Marisa Almeida Cavalcante  
(Membro Externo - PUC/SP e UFAM)

Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues

Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues  
(Membro Interno - MNPEF - UFPA)

**PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL  
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.**

TEMA: "APLICANDO A METODOLOGIA PEER INSTRUCTION COMO RECURSO  
MOTIVADOR NA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE ÓPTICA".

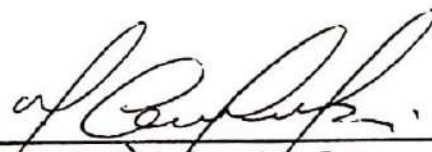
A Banca Examinadora composta pelos Professores **Dra. Maria Lúcia de Moraes Costa** (Orientadora), **Dra. Maria da Conceição Gemaque de Matos** (Coorientadora), **Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues** (Membro Interno), e **Dra. Marisa Almeida Cavalcante** (Membro Externo), consideram o candidato **JOSÉ ORLANDO BARBOSA DE OLIVEIRA**.

**APROVADO**

Secretaria do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Pará, em 12 de abril de 2019.



Prof. Dra. Maria Lúcia de Moraes Costa  
(Orientadora - MNPEF - UFPA)



Prof. Dra. Maria da Conceição Gemaque de Matos  
(Coorientadora - MNPEF - UFPA)



Prof. Dra. Marisa Almeida Cavalcante  
(Membro Externo - PUC/SP e UFAM)



Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues  
(Membro Interno - MNPEF - UFPA)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

D278a de Oliveira, José Orlando Barbosa

Aplicando a metodologia peer instruction como recurso motivador na aprendizagem de conceitos de óptica / José Orlando Barbosa de Oliveira. — 2019. xviii, 86 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Lúcia de Moraes Costa

Coorientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria da Conceição Gemaque de Matos

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Física, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Ensino de física. 2. Óptica. 3. Plickers. 4. Peer instruction. 5. Aprendizagem ativa. I. Título.

CDD 370.1523

---

*“Ainda que eu tivesse o dom de todas as ciências, mas  
se não tivesse amor eu nada seria”.*  
**“Coríntios 13:2”**

As mulheres da minha vida, mãe, esposa e filha:  
Osmarina Oliveira, Andriele Oliveira e Maria Eduarda  
Oliveira.



# RESUMO

Esse trabalho foi aplicado numa turma de segunda série do Ensino Médio, com a proposta de disseminar o ensino de Física através de conceitos de óptica, por meio de aulas construídas no formato da aprendizagem ativa, a qual coloca o estudante como protagonista na construção da aprendizagem, para que assim, possa se tornar um ser proativo nesse processo. O ponto que converge para esse modelo de ensino foi estabelecido pelo emprego do método de aprendizagem Peer Instruction, o qual promove o envolvimento dos estudantes a partir de testes conceituais. O trabalho está organizado em capítulos, onde o primeiro comenta algumas abordagens do Peer Instruction. O segundo capítulo aborda referências importantes, que são pilares de sustentação para o trabalho. A metodologia Peer Instruction, estabelecida por Eric Mazur, foi a principal referência estabelecida nesse trabalho; a abordagem dessa metodologia junto aos alunos seguiu as referências de Paulo Freire e de Lev Vigotsky, onde é chamada a atenção para a importância das discussões em grupo, cuja formação deve ser constituída por indivíduos de diferentes níveis de experiências e de maturidades heterogêneas. O terceiro capítulo descreve a metodologia Peer Instruction, cujo emprego depende de algum tipo de dispositivo de votação. O aplicativo Plickers foi o sistema empregado para o exercício da coleta de votos. Devido sua relevância para a construção desse trabalho, o mecanismo de votação Plickers recebe uma descrição detalhada, incluindo instruções de como se deve proceder para a sua manipulação. O quarto capítulo expõe todos os resultados obtidos desse trabalho. As discussões e exposições desses resultados estarão sendo expressas por meio de gráficos, dando-nos condições de inferir sobre a aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino Médio, Ensino de Física, Óptica, Aprendizagem Ativa, Peer Instruction, Plickers.

# ABSTRACT

This work was applied in a second grade high school class, with the proposal to disseminate the teaching of Physics through concepts of optics, through classes built in the form of active learning, which places the student as protagonist in the construction of learning, so that it can become a proactive being in this process. The point that converges to this teaching model was established by the use of the Peer Instruction method of learning, which promotes students' involvement from conceptual tests. The work is organized in chapters, where the first discusses some approaches of Peer Instruction. The second chapter addresses important references, which are pillars of support for the work. The Peer Instruction methodology, established by Eric Mazur, was the main reference established in this work; the approach of this methodology with the students followed the references of Paulo Freire and Lev Vigotsky, where it is called attention to the importance of the group discussions, whose formation must be constituted by individuals of different levels of experiences and heterogeneous maturities. The third chapter describes the Peer Instruction methodology, whose employment depends on some type of voting device. The Plickers application was the system used to collect votes. Due to its relevance to the construction of this work, the Plickers voting mechanism is given a detailed description, including instructions on how to proceed with its manipulation. The fourth chapter presents all the results obtained from this work. The discussions and expositions of these results will be expressed through graphs, giving us the conditions to infer about the learning.

Keywords: High School, Physics Teaching, Optics, Active Learning, Peer Instruction, Plickers.

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> – Modelo esquemático da metodologia Peer Instruction. ....	40
<b>Figura 3.2</b> – Modelo de um dispositivo de votação clickers em conjunto com o aparelho que estabelece a conexão com o computador (a) e, alunos utilizando o dispositivo de votação clickers (b). ....	41
<b>Figura 3.3</b> – Área inicial do aplicativo plickers. ....	42
<b>Figura 3.4</b> – Criação do login e senha para um usuário que deseja utilizar o aplicativo plickers. ....	42
<b>Figura 3.5</b> – Área de acesso ao aplicativo plickers para usuários cadastrados. ....	43
<b>Figura 3.6</b> – Tela principal da área do usuário. ....	43
<b>Figura 3.7</b> – Área reservada para o cadastro de turmas no aplicativo Plickers. ....	44
<b>Figura 3.8</b> – Espaço reservado para caracterizar a turma na qual será utilizado o aplicativo Plickers. ....	44
<b>Figura 3.9</b> – Especificidade de uma turma criada no aplicativo Plickers. ....	45
<b>Figura 3.10</b> – Novas turmas adicionadas ao aplicativo Plickers. ....	45
<b>Figura 3.11</b> – Associação dos alunos de uma determinada turma com seus respectivos cartões de votação. ....	46
<b>Figura 3.12</b> – Opções de impressão dos cartões de votação do aplicativo plickers. ....	46
<b>Figura 3.13</b> – Formato do cartão de votação número 1 do aplicativo Plickers, segundo o modelo Standard. ....	47

<b>Figura 3.14 – Formato do cartão de votação número 2 do aplicativo Plickers, segundo o modelo Standard.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 3.15 – Formato do cartão de votação número 2 do aplicativo Plickers, segundo o modelo Standard.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 3.16 – Diferentes posições para um cartão de votação, indica uma alternativa específica (A, B, C ou D). .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 3.17 – Biblioteca virtual do aplicativo Plickers, onde varias pastas podem ser criadas para armazenar testes conceituais específicos.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 3.18 – Momento de criação de uma nova pasta no aplicativo Plickers. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 3.19 – Introdução de um teste conceitual no aplicativo Plickers. Deve-se escolher uma das alternativas para ser afirmativa correta. ....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 3.20 – Introdução de um teste conceitual no aplicativo plickers no formato verdadeiro ou falso. Deve-se escolher uma das alternativas para ser afirmativa verdadeira. ....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 3.21 – Ícone associado a aplicativo Plickers.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 3.22 – Testes conceituais armazenados em uma das pastas da biblioteca do aplicativo Plickers.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3.23 – Teste conceitual selecionado para ser analisado mediante votações dos alunos.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 3.24 – Teste conceitual pronto para a coleta de votos.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 3.25 – Câmera do celular buscando os votos dos alunos. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 3.26 – Coleta de votos a partir do aplicativo Plickers.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 3.27 – Problema formulado pela Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. Este problema foi implementado pelo BSE como exercício proposto.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 4.1 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A1.2.a.....</b>	<b>64</b>

<b>Figura 4.2 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A2.1.a.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 4.3 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A3.1.a.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 4.4 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A3.2.a.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 4.5 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A4.1.a.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 4.6 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A4.2.a.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 4.7 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A4.3.a.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 4.8 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A4.4.a.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 4.9 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A5.1.a.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 4.10 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A6.1.a.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 4.11 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A6.2.a.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 4.12 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A6.4.a.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 4.13 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A7.1.a.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 4.14 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A7.3.a.....</b>	<b>71</b>

<b>Figura 4.15 – Primeira votação ao teste A6.3.a. Foram registrados 44% de acertos (alternativa A), enquanto que os demais votos foram registrados na alternativa B</b>	<b>72</b>
<b>Figura 4.16 – Gráfico correspondente ao resultado da segunda votação do teste conceitual A6.3.a. Houve um aumento de 35% na margem de acertos.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 4.17 – Os alunos discutem em grupo a solução do teste conceitual A6.3.a antes da segunda votação.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 4.18 – Migrações dos votos dos alunos entre a primeira e segunda votação do teste conceitual A6.3.a. ....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 4.19 – Resultado do teste conceitual A1.1.a. Apenas 17% de votos na alternativa correta.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 4.20 – Representação do espectro eletromagnético de radiações.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 4.21 – Representação das oscilações dos campos elétricos e magnéticos que constituem uma onda eletromagnética. ....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 4.22 – Teste conceitual A1.1.b, complementar ao teste conceitual A1.1.a. ....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 4.23 – Resultado do teste conceitual A3.3.a. Apenas 27% de votos na alternativa correta.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 4.24 – Espalhamento da luz azul pela atmosfera terrestre a partir da luz solar.</b>	<b>78</b>
<b>Figura 4.25 – Resultado do teste conceitual A3.3.b, complementar ao teste conceitual A3.3.a. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 4.26 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B1.1.a. ....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 4.27 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B1.2.a. ....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 4.28 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B2.1.a. ....</b>	<b>81</b>

<b>Figura 4.29 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B3.1.a. ....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 4.30 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B3.2.a. ....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 4.31 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B3.3.a. ....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 4.32 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B4.1.a. ....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 4.33 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B4.2.a. ....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 4.34 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B4.3.a. ....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 4.35 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B5.2.a. ....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 4.36 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B5.2.a. ....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 4.37 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B7.1.a. ....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 4.38 – Gráfico correspondente ao resultado da primeira votação do teste conceitual B1.3.a. A quantidade de acertos foi de 39%. ....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 4.39 – Momento de discussão em grupo na busca da resposta correta do teste conceitual B1.3.a. Um dos grupos socializa suas interpretações com o professor. ...</b>	<b>87</b>
<b>Figura 4.40 – Gráfico correspondente ao resultado da segunda votação do teste conceitual B1.3.a. A quantidade de acertos aumentou para 81%. ....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 4.41 – Gráfico correspondente as migrações dos votos dos alunos entre as votações do teste conceitual B1.3.a. ....</b>	<b>88</b>

<b>Figura 4.42 – Gráfico correspondente ao resultado da primeira votação ao teste conceitual B6.2.a. A quantidade de acertos foi de 42%. .....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 4.43 – Gráfico correspondente ao resultado da segunda votação ao teste conceitual B6.2.a. A quantidade de acertos foi de 84%. .....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 4.44 – Gráfico correspondente as migrações dos votos dos alunos entre as votações do teste conceitual B6.2.a.....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 4.45 – Gráfico correspondente ao resultado das votações ao teste conceitual B5.1.a. A quantidade de acertos foi de 28%.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 4.46 – Imagem da acomodação visual do cristalino por ação dos músculos ciliares.....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 4.47 – Gráfico correspondente ao resultado das votações ao teste conceitual B5.1.b, complementar ao teste conceitual B5.1.a.....</b>	<b>92</b>



# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>30</b>
2.1	O estudante deve ter autonomia para o estudo .....	30
2.2	A aprendizagem ativa como ferramenta transformadora para o ensino .....	30
2.3	A metodologia Peer Instruction: Uma ferramenta da aprendizagem ativa.....	33
2.4	A metodologia Peer Instruction incentiva os estudantes a participarem da construção da aprendizagem.....	34
2.5	Interação em grupo .....	35
2.6	Entendendo os significados de cálculos a partir da metodologia Peer Instruction...	36
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>38</b>
3.1	Metodologia de referência .....	38
3.2	Sistema de votação .....	40
3.2.1	<i>O aplicativo de votação Plickers.....</i>	<i>41</i>
3.3	Metodologia.....	55
3.3.1	<i>Sobre a escolar onde a metodologia PI foi aplicada .....</i>	<i>55</i>
3.3.2	<i>Sobre a turma submetida à metodologia e o material didático utilizado .....</i>	<i>56</i>
3.3.3	<i>Aplicação da metodologia Peer Instruction.....</i>	<i>57</i>
3.4	Da construção dos testes.....	59
3.5	Da aplicação de problemas quantitativos .....	60
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>63</b>
4.1	Primeiro encontro .....	63
4.2	Segundo encontro .....	79
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>

<b>APÊNDICE A</b>	<b>:TESTES CONCEITUAIS REFERENTES AOS ASSUNTOS EXPLORADOS NO PRIMEIRO ENCONTRO.....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE B</b>	<b>- TESTES CONCEITUAIS REFERENTES AOS ASSUNTOS EXPLORADOS NO SEGUNDO ENCONTRO .....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE C</b>	<b>– PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>113</b>

## *PREFÁCIO*

Antes mesmo de colar grau como licenciado em Física, eu já trabalhava ensinando a Física do Ensino Médio em cursinhos pré-vestibulares, que eram cursos livres preparatórios para os exames oferecidos pelas universidades, para o ingresso de novos alunos em seus cursos superiores – eram os famosos, até então, vestibulares. Atualmente o ingresso a essas universidades acontece através do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), o qual, nesse contexto, acaba sendo visto por muitos, apenas como um processo seletivo. Nesse período me desdobrava entre minhas atividades acadêmicas e as jornadas de aulas nos cursinhos. Lembro-me como me sentia empolgado em querer ensinar Física; sendo que, para mim, um material bem elaborado, acompanhado de uma lista de problemas, com os respectivos gabaritos, aliado a uma boa didática para explanações dos conteúdos, eram suficientes para o sucesso da aula. Entendia que por meio dessa metodologia, o aluno teria condições de entender inteiramente o conteúdo abordado e resolver os problemas não trabalhados em sala de aula e, assim, por meio de variados problemas ele estaria sendo preparado para o concorrido processo seletivo. Nesses centros preparatórios havia a prática de submeter os alunos a testes que simulavam exames de processos seletivos. Os resultados eram muito bons e algumas vezes ultrapassavam as expectativas, o que me deixava bastante satisfeito; mas depois de algum tempo passei a me questionar se os alunos de fato estavam aprendendo os conteúdos que eu ensinava ou se simplesmente aprenderam a resolver listas de problemas, isto é, se apenas não haviam desenvolvido habilidades de resolver provas dos processos seletivos.

Depois de formado tive oportunidades de ser efetivado como professor em algumas instituições de ensino, passando por várias experiências entre diversas turmas como, as de oitava série – hoje nono ano – e mais as turmas de Ensino Médio. Essas vivências me fizeram perceber que a aprendizagem se estende além de exposições de conteúdos e resoluções de problemas. Nem sempre se consegue envolver os alunos e estimulá-los a executar as atividades. Percebi que meu método estava ficando defasado, ou que eu era mais um professor que reproduzia uma metodologia de ensino que há tempos vinha sendo utilizada – a aprendizagem mecânica. Penso que nas aulas de cursinho o método era mais aceito devido se tratar de um público mais amadurecido, com claros objetivos a serem alcançados. Por outro lado, as turmas de Ensino Médio, sobretudo as de primeira e segunda série, não mantinham o foco das aulas e, muitos alunos deixavam de fazer suas tarefas. Entre o contraste das duas realidades, existia algo comum, eu estava ensinando os alunos a reproduzir conteúdos e a

resolver problemas de forma mecanizada, de maneira que alguns deles conseguiam manifestar o entendimento de algo, que havia sido passado por meio das aulas, depois de reproduzir várias soluções de exercícios.

É notório o amadurecimento que alcancei depois de alguns anos em sala de aula, cada vez mais seguro e expondo os conteúdos com mais propriedade. Sentia que os alunos tinham confiança no meu trabalho, mas nunca consegui quebrar certas resistências que sempre enxergava em alguns deles, dentre as diversas turmas que já lecionei. Demonstravam dificuldades para assimilar o que estava sendo exposto, e dificilmente conseguiam resolver todos os problemas das listas que sempre disponibilizei. De fato, essas constatações causam frustrações. Cheguei a pensar que uma possível explicação para esse cenário era a cultura de que a disciplina Física tem um percentual muito grande de rejeição nas turmas em que ela é trabalhada.

Estava vivendo uma realidade que denunciava um método de ensino sucateado, o qual vinha sinalizando uma ineficiência para a equalização da aprendizagem dos alunos. Não podia ficar indiferente frente a essa situação, precisava abandonar a zona de conforto e inovar nas construções das aulas.

Mudanças nem sempre são aceitas facilmente, o novo gera dúvidas e pode assustar. Tentei projetar, em alguns momentos das aulas, métodos que estimulassem mais a participação dos alunos durante a aprendizagem. Alguns artigos científicos que li durante o período em que estava cursando a graduação chamavam a atenção para a necessidade de descentralizar as aulas da figura do professor e provocar os alunos a participarem de forma mais efetiva nas aulas, sobretudo, por meio de discursões provocadas pelo próprio professor a cerca do conteúdo em discussão. Atento a esses artigos, decidi abordar nas minhas aulas um método que se assemelhava bastante com seminários, no entanto, as exposições eram realizadas com os alunos dispostos na forma de um grande círculo na sala de aula, assim, todos teriam a oportunidade de participar e contribuir nas discussões levantadas a qualquer momento da aula. Minha intenção era preencher as lacunas que surgissem durante as falas dos alunos, de maneira que os tópicos discutidos pudessem ser explorados inteiramente.

Para que essa intervenção acontecesse seria necessário sacrificar certas atividades da aula, pois a velocidade com que os conteúdos seriam trabalhados demandaria maior tempo em comparação ao método tradicional. Sendo assim, decidi utilizar o método dos seminários em círculo somente em algumas ocasiões em determinadas turmas, pois utilizá-lo com uma frequência grande significaria comprometer o cumprimento do conteúdo firmado no plano de curso. Consegui alguns resultados positivos nas oportunidades em que utilizei esse modelo,

penso que os resultados não foram mais satisfatórios em decorrência das limitações em que me encontrava e, também, por falta de um maior comprometimento da classe.

Atualmente, entre as escolas em que eu trabalho, ainda exerço a prática de preparar candidatos para o processo seletivo aos cursos superiores, só que agora nos moldes do ENEM. Devido à gigantesca carga de estudos que os estudantes devem assimilar para o preparo a essa prova, somos condicionados a trabalhar de forma intensa e ininterrupta com o objetivo de que todo o conteúdo seja tratado. Frente a essa realidade, seria pouco provável algum professor abrir mão de alguns minutos de sua aula para arriscar novos modelos de ensino. Foi no curso de mestrado, o MNPEF, que conheci um novo modelo de aprendizagem que se propunha engajar o estudante nas aulas através de discussões sem, no entanto, sacrificar o cumprimento de conteúdos ou soluções de listas de problemas. Estou me referindo aos métodos abordados pela aprendizagem ativa, como por exemplo, a sala de aula invertida que, entre suas abordagens, o método Peer Instruction, de Eric Mazur, ganha destaque.

Identifiquei-me bastante com a metodologia Peer Instruction. Estudando com profundidade essa metodologia e compreendendo a extensão de seu alcance por várias obras publicadas em diversas áreas do conhecimento, pude comprovar sua eficácia. Assim optei, junto a minha orientadora, a construir esse trabalho estruturado no modelo de ensino Peer Instruction.

A entender que o conteúdo programático do exame do ENEM é o acumulativo dos assuntos trabalhados nas três séries do Ensino Médio, o Peer Instruction poderia ter uma maior abertura para ser adotado nas primeira e segunda série, já que na terceira série a maioria dos alunos se dedicam no preparo desse exame, o qual só ocorre após a conclusão do Ensino Médio. Assim, optamos por uma turma de segunda série para aplicação da metodologia Peer Instruction, explorando conceitos de óptica.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

Atualmente, em diversas instituições de ensino, a prática de ensinar está sendo executada de forma sistemática e mecânica. Nessas instituições, os alunos estão sendo treinados a reproduzir o que se expõe em sala de aula, sobretudo em disciplinas que envolvem cálculos, como a Física, em que os estudantes são levados a extensas resoluções de listas de problemas. Esse método não garante que o conteúdo relacionado a algum problema seja assimilado pelo estudante após conclusão dos cálculos. Por exemplo, seja um problema com o seguinte enunciado, “Uma pessoa portadora de hipermetropia tem seu globo ocular pequeno em relação à distância focal do cristalino. Considerando que essa pessoa tenha uma distância mínima de visão distinta de 0,5 m, então, para que possa enxergar objetos a 0,25 m, ela deve usar lentes de vergência (dioptrias ou graus) igual a:”<sup>1</sup>. Usando a expressão matemática conhecida como segunda lei de Gauss, podemos substituir os valores (0,5 m e 0,25 m) e obtermos a dioptria dessa lente, chegando ao resultado + 2 di.

A lei física utilizada para solucionar o problema descrito acima, traz significações enriquecedoras para alguém que decida interpretá-la além das fronteiras do formalismo matemático, que nesse caso, converge para um valor numérico – o resultado. Em uma análise mais aprofundada, o estudante poderia considerar que a hipermetropia pode ser corrigida com o uso de lentes convergentes, capaz de produzir imagens reais ou virtuais, a partir de objetos colocados diante da lente. Então, um oftalmologista deve receitar à pessoa citada no problema, uma lente convergente ajustada para afastar o objeto, de 0,25 m para 0,50 m, do olho. Além disso, essa lente não deverá inverter a imagem, a qual deve ser interpretada como objeto real pelo o sistema córnea-cristalino, para que se tenha uma imagem final nítida sobre a retina.

Ao enveredar-se por esse caminho, o estudante deixará de estar fazendo cálculo de forma robotizada, passando a interpretar os dados empregados na equação utilizada, e também, questionar os passos de cada ação ao longo do desenvolvimento da solução do problema, além de relacionar outros elementos do globo ocular que não foram citados no

---

<sup>1</sup> Problema formulado pela Faculdade de Física da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. Este problema foi implementado pela BSE, 2ª série (EM), exercícios propostos, questão 22, pag. 107, ano de 2018.

enunciado do problema. Mas, de que maneira o aluno pode ser conduzido a essas investigações, haja vista que o ponto de relevância, tradicionalmente, em uma lista de problemas é o resultado numérico? Algumas metodologias de ensino têm apresentado abordagens que propõem substituir a aprendizagem mecânica, das soluções exaustivas de listas de problemas, por modelos que possam envolver os estudantes em discussões produtivas para o ensino, são as chamadas metodologias ativas de ensino. Dentro dessa proposta o aluno tem suas potencialidades cognitivas exploradas, para que seja despertada nele uma autonomia significativa para o estudo, e também que ele possa se tornar um ser ativo dentro do ambiente escolar capaz de lançar considerações críticas a cerca do que se debate em sala de aula (OLIVEIRA, *et al*, 2016).

No desenvolvimento desse trabalho foi utilizada a metodologia Peer Instruction (PI), um modelo de ensino alicerçado na abordagem de aprendizagem ativa, onde o aluno é convidado a abandonar a condição de espectador do conhecimento para assumir o protagonismo da construção da aprendizagem (ARAÚJO e MAZUR, 2013). Para essa metodologia, os conteúdos são discutidos a partir de análises de testes conceituais de múltipla escolha, em que, os passos seguintes da aula estarão condicionados aos resultados desses testes. A metodologia recomenda que os alunos devam dar respostas aos testes por meio de votação individual, cujos resultados devem ser coletados por meio de algum dispositivo de registro (MAZUR, 2015). Dentre os vários mecanismos disponíveis para coletar e registrar votos, o aplicativo Plickers foi o que mais se adequou às necessidades desse trabalho quanto a essa finalidade. Para a utilização do aplicativo Plickers, cada aluno deve receber um cartão contendo um código único, o qual associará uma alternativa à posição em que o cartão for disposto pelo aluno no ato da votação. A alternativa escolhida por cada aluno será registrada em um aparelho eletrônico, como celular ou tablet, que possua o aplicativo instalado. Recursos computacionais e de multimídias são essenciais nas abordagens ativas.

Uma das propostas dessa metodologia é engajar cognitivamente os alunos no processo de aprendizagem, como também despertar sua autonomia para o estudo, podendo eles, dessa forma, refletir sobre o que aprendem desde atividades prévias às aulas a exposições de determinados assuntos tratados pelo professor, tendo este, por sua vez, a oportunidade de estar avaliado o aluno ao longo de todo o processo de aprendizagem (ARAÚJO e MAZUR, 2013). A aprendizagem sendo estendida além da fronteira das salas de aula pode contribuir para o firmamento de propostas educativas no que tange a aprendizagem ativa, oferecendo aos estudantes compreensão ao invés de memorizações de conceitos, sem, contudo, sacrificar o desenvolvimento de habilidades para resoluções de problemas (Muller, *et al*, 2017).

No intuito de promoverem um novo modelo educacional que levassem a esses resultados, muitos pesquisadores se dedicaram em desenvolver essas inovações para o ensino (ALBERTS e WIEMAN, 2012 e 2014).

O método Peer Instruction é abordado com hegemonia neste trabalho. Sua abrangência no ensino é refletida em diversos trabalhos, cujas publicações só reforçam a eficiência do método (MULLER, *et al*, 2017). Embora haja especificidades em cada trabalho, todos concordam quanto ao aluno ser o principal personagem da construção do conhecimento que se desenvolve no processo de ensino e aprendizagem, e também que é oportunizado aos estudantes trabalharem conceitos físicos em sala de aula, possibilitando-os uma maior compreensão e entendimento dos fenômenos físicos.

O envolvimento dos estudantes é fundamental para o sucesso da aprendizagem a partir do modelo Peer Instruction. Através das interações em grupo suas interpretações podem ser socializadas e, a partir de então, serem refinadas através das contribuições dadas pelos demais integrantes do grupo, de modo que sejam defendidas com argumentos que, por suas vezes, possam se aproximar cada vez mais da correta definição dos conceitos em debate, (OLIVEIRA, 2012). Paulo Freire, em seus trabalhos, destaca esse tipo de interação como elemento contribuinte para a aprendizagem. Segundo ele, um indivíduo inteirado a cerca de determinado conteúdo pode influenciar outros e, assim, fazer com que eles concordem com suas interpretações, (FREIRE, 1996, p.51). O senso crítico que pode ser fomentado no aluno é uma das premissas que pode ser alcançado por meio desse processo de aprendizagem. De acordo com (MAZUR, 2015), são por meio de questionamentos consistentes, alicerçados em bases sólidas, que o indivíduo consegue enraizar conceitos, isto é, consolidar a aprendizagem. É dessa forma que o aluno pode atingir a condição de ser pensante, libertando sua mente para adquirir novos conhecimentos em conjunto com outros indivíduos, a fim de debaterem a construção do conhecimento (FREIRE, 1996).

Trabalhar em grupo torna-se vantajoso quando se tem o cuidado de agregar indivíduos de diferentes graus de maturidade quanto ao desenvolvimento de aprendizagens. No processo de ensino-aprendizagem, os mais experientes podem assumir a responsabilidade de liderar discussões, compartilhando saberes que estejam relacionados com os conteúdos discutidos. Um indivíduo mais experiente pode levar outro(s) menos experiente(s) a compreensão correta de determinados conteúdos (VIGOTSKY, 1998).

Por outro lado, nos modelos tradicionais de ensino, associados a exposições de conteúdos, o potencial para a aprendizagem de cada aluno fica restrito somente a ele. Nesse modelo, comumente, a principal preocupação é que se trabalhem todos os conteúdos presentes



nas extensas grades curriculares de cada série do Ensino Médio. Assim, as diferentes experiências, presentes em cada aluno, que poderiam ser relacionadas ao conteúdo ministrado pelo professor, não serão compartilhadas entre eles em seu pleno potencial. Para que o conteúdo programático seja vencido em tempo hábil, o roteiro das aulas deve seguir um planejamento e, o que ocorre na maioria dos casos é que o professor executa seu plano sobre os pilares das aulas tradicionais. Então, para explorar o potencial dos alunos quanto facilitadores da aprendizagem, sem, contudo, comprometer o andamento do plano de curso, será necessário o uso de algum tipo de estratégia. O método Peer Instruction reúne atributos capazes de fazer essas intervenções, (MAZUR, 2015).

De maneira geral, este trabalho tem o objetivo de disponibilizar ao professor, condições de desenvolver suas aulas num formato em que o envolvimento do aluno, no processo ensino e aprendizagem, precede a necessidade do cumprimento de plano anual de curso. Optando por seguir esse projeto de aulas, o professor pode alcançar junto aos seus alunos, um tipo de aprendizagem com significações reais do conteúdo explorado. Quanto aos objetivos específicos, esse trabalho visa dar autonomia de estudo ao aluno engajado na aprendizagem introduzida a partir da metodologia Peer Instruction, de maneira, que ele seja transformado em um estudante proativo nas aulas em que participa, e assim, seja capaz de assimilar os conceitos físicos associados aos assuntos ministrados em sala de aula. É a partir da compreensão desses conceitos que o estudante começa a fazer parte do processo de construção da aprendizagem (OLIVEIRA, et al, 2016).

Para alcançar esses objetivos, esse trabalho foi construído nos moldes da metodologia Peer instruction, a partir da qual foi levada a turma testes conceituais para serem analisados e votados pelos estudantes por meio do aplicativo de votação Plickers. Os resultados de tais votações foram discutidos em sala de aula com a participação efetiva dos estudantes. Esses resultados estão sendo expressos por meio de gráficos construídos em cima de cada teste conceitual colocado em votação.

O desenvolvimento desse trabalho possibilitou a construção do produto educacional intitulado “Aprendizagens a partir do método Peer Instruction”, cujo subtítulo é “O aplicativo Plickers”. Esse produto foi pensado para professores que se interessem em aplicar o método Peer Instruction em suas aulas. Inicialmente é feito um relato sobre a aprendizagem ativa, mostrando ao leitor as vantagens de promover o aluno a protagonista do processo de ensino e aprendizagem, cuja ferramenta empregada para esse fim é a metodologia Peer instruction. Essa metodologia é detalhada no tópico seguinte, onde o leitor será informado de que, para sua aplicação, será necessário o uso de testes conceituais associados ao assunto que se deseje

ensinar em determinada turma. Além disso, é essencial o uso de um dispositivo de coleta de resultados para os referidos testes. Assim, o próximo tópico faz a apresentação do sistema de votação Pickers, um dispositivo de coleta de resultados, o qual tem todas suas funções de uso especificadas na forma de um tutorial. O último tópico faz referência a confecção de testes conceituais, isto é, como o leitor deve proceder para construir seus próprios testes.

## **CAPÍTULO 2**

### **REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **2.1 O estudante deve ter autonomia para o estudo**

Nas salas de aulas das escolas públicas e privadas é notória a diversidade de alunos entre vários aspectos, como, por exemplo, a aptidão para determinadas disciplinas ou certos conteúdos, concentração, interação e, sobretudo, quanto à forma que assimilam os conteúdos trabalhados. Um dos elementos que evidencia essa realidade são as diferentes notas que eles atingem, as quais ficam registradas em seus históricos escolares. Diante disso, podemos observar que estudantes que demonstram autonomia para com suas práticas estudantis, são os que apresentam maiores desempenhos (DUBE *et al.*, 2014). Foi sancionada em nosso país uma resolução que responsabiliza as escolas de Ensino Médio, quanto garantir autonomia de estudo aos alunos que cursam esse nível de ensino. Vale ressaltar, portanto, o inciso III do artigo 4º, pertencente ao capítulo II dessa resolução, o qual trata da evolução do aluno como cidadão, incluindo seu desenvolvimento social, além de desenvolver autonomia intelectual, tornando-se assim, um ser de consciência crítica (MEC, 2012). Sendo assim, essa resolução vem para assegurar a formação do estudante quanto cidadão provido de caráter transformador da sociedade da qual faz parte.

#### **2.2 A aprendizagem ativa como ferramenta transformadora para o ensino**

No formato tradicional de ensino as informações e o dinamismo das aulas ficam concentrados na figura do professor, em que os alunos manifestam pouca ou nenhuma intervenção, haja vista que essa proposta de ensino oferece poucos recursos para tornar o ambiente convidativo ao aluno. Diante desse cenário o aluno dificilmente encontra motivação para interagir com os conteúdos explanados, configurado, assim, um tipo de aprendizagem que os especialistas chamam de aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2012). Freire (1996, p.13) rotula esse método como aprendizagem “bancária”, cuja atribuição do aluno é de

armazenar informações por meio de memorizações, isto é, acumular “depósitos de informações” a fim de serem reproduzidos em alguma atividade futura como pré-testes, testes, simulados, provas, etc. Assim, professor e aluno configuram uma relação sem criatividade ou reinvenção do conhecimento, de modo que não há a construção do saber, (FREIRE, 1987, p.33). Práticas educativas alicerçadas nesses moldes são bastante comuns dentro das diversas áreas de conhecimento que estão sendo trabalhadas nas escolas. Vera *et al* (2014), chama a atenção para o surgimento de lacunas em diversos pontos dos conteúdos explorados nas salas de aula, com destaque para a falta de sincronia existente entre os conceitos que os estudantes formulam mediante exposições de conteúdos em comparação com os resultados de problemas referentes aos mesmos conteúdos aos quais eles são submetidos, com destaque para a área da Física.

Muitos pesquisadores perceberam a necessidade de intervenção no formato tradicional de ensino, assim foi construído um novo modelo para se transmitir conhecimento nas salas de aulas, com a premissa de que o aluno de fato aprendesse de forma ativa, construindo o conhecimento ao invés de decorá-lo. Essa abordagem, em contraste com o modelo mecânico, recebeu a denominação, muito sugestivamente, de aprendizagem ativa.

O método ativo de ensino foi desenvolvido em meio aos avanços tecnológicos e de pesquisas nos campos científico, neurológico, psicológico e cognitivo. Esse novo modelo de ensino busca substituir a velha prática da exposição de conteúdos e da resolução de problemas por uma educação mais ampla, preconizando o aproveitamento de todas as potencialidades do aluno para a aprendizagem (JOHN *et al*, (2000). Assim o aluno abandona a condição de paciente para assumir uma postura ativa nas aulas das quais participa.

Devido todas essas transformações no ensino que vinham se pronunciando, foram realizadas pesquisas sobre a educação e as ciências do cérebro, assim, trabalhos foram consolidados, os quais proveram o surgimento de uma nova forma de ensinar (VERA *et al*, 2014). Encorajados por esse novo modelo, por volta de 1994, muitos pesquisadores começaram a dedicar-se nessa linha e, a partir de então, houve desenvolvimentos e publicações de diversos trabalhos no campo da aprendizagem ativa (ALBERTS e WIEMAN, 2014). Mas, desde meados da década 80 já havia publicações de obras nessa perspectiva, pautadas em estudos no campo do ensino de Física especialmente, que apontavam para a deficiência que muitos alunos apresentavam quanto ao entendimento de determinados conteúdos, embora demonstrassem uma excelente habilidade nas resoluções de listas de problemas. Outra problemática identificada foi a ineficiência das aulas expositivas, cujo

intuito era de promover aprendizagem quanto aos conceitos abordados (HAKE e PHYS, 2015).

Podem-se encontrar várias abordagens de ensino que convergem para a prática de aprendizagem ativa. A essência de todas essas abordagens está em situar o aluno quanto protagonista no processo ensino-aprendizagem, o que significa tira-lo das margens das discussões estabelecidas em sala de aula e despertar nele suas faculdades de ser pensante, dando-lhe condições de expressar seu olhar crítico a cerca dessas discussões (OLIVEIRA, ARAÚJO e VEIT, 2016, p.8). Desse modo, as potencialidades dos estudantes para a aprendizagem estarão sendo fomentadas, possibilitando a eles um maior engajamento nas aulas e, assim, podendo melhorar seu desempenho nas áreas de conhecimentos, como também seu interesse em estar inserido nas atividades de estudo (VERA *et al*, 2014).

Esses modelos de ensino são propostas que, quando utilizadas adequadamente, podem criar condições para que o estudante, em conjunto com seus colegas e professor, possa aprender os conteúdos ao invés de memorizá-los. O ensino de Física vem se reinventado com o uso dessas metodologias, com destaque para um método bastante utilizado e com resultados animadores – a sala de aula invertida. Trata-se de uma metodologia de ensino em que o estudante é estimulado pelo professor a estudar, previamente às aulas, os conteúdos que serão trabalhos em sala de aula. Para esses estudos prévios o estudante dispõe de livros texto, sites, vídeos, entre outros recursos direcionados pelo professor (OLIVEIRA, ARAÚJO e VEIT, 2016, p.5). Geralmente, no momento da execução da aula, os estudantes são dispostos em grupo para que cada um deles possa socializar o que assimilou dos estudos prévios para que, de forma coletiva, a aprendizagem possa ser solidificada entre eles. As discussões em grupo seguem sequências dirigidas pelo professor que, por sua vez, tem a liberdade de diversificá-las e usar a que melhor se adequar para aquele fim. Existem vários métodos que podem se adequar para um formato de sala de aula invertida, como o método de ensino Peer Instruction, bastante difundido em vários países e que entra como um dos pilares desse trabalho (OLIVEIRA, ARAUJO e VEIT, 2016, p.4).

### **2.3 A metodologia Peer Instruction: Uma ferramenta da aprendizagem ativa**

O método Peer Instruction (PI), conhecido no Brasil como instrução pelos colegas (IpC), é um modelo de ensino que pode ser introduzido como um recurso da aprendizagem ativa, pois apresenta atividades que convidam o aluno a explorar seu potencial cognitivo, levando-os a uma reflexão a respeito do que estudam (OLIVEIRA, 2016). Esse modelo de ensino foi idealizado e desenvolvido pelo físico norte americano Eric Mazur, que o introduziu no ano de 1991 na Universidade de Harvard nos Estados Unidos, para promover entre os seus alunos a aprendizagem de conceitos de física (MULLER *et al*, 2017).

A metodologia PI é um método de inovação da prática de aprendizagem, haja vista que traz em sua bagagem, entre vários fatores, abordagens que levam ao comprometimento e envolvimento dos estudantes no processo ensino-aprendizagem. Nas aulas desenvolvidas no formato da metodologia PI, o método tradicional das exposições de conteúdos e resoluções de problemas, dão lugar a aulas com pouco detalhamento, em que, sob orientações do professor, os alunos terão que fazer estudo extraclasse dos assuntos que serão discutidos futuramente em sala de aula. No ato da aula, após executar as exposições, o professor lança testes ou perguntas conceituais. Essa é a fase que inicia o protagonismo do estudante, pois cada um deverá expor sua resposta de forma individual, com base no que estudou previamente em sua casa e no que o professor expôs, (MAZUR, 1997).

Dependendo do percentual de acertos em cada questão do teste, grupos poderão ser formados a fim que cada integrante possa defender, com argumentos, a justificativa para sua resposta. Dessa forma, cada estudante interage com os demais de seu grupo, com a possibilidade de está ensinando-os e/ou aprendendo sobre o conteúdo. Cabe ao professor, nesse modelo, o papel de mediar as discussões, podendo interferir quando julgar necessário para que se possa obter o máximo de proveito das considerações colocadas, (ARAÚJO e MAZUR, 2013). Esta é a fase que evidencia o protagonismo do estudante, pois todo conteúdo que o professor deseja ensinar está sendo discutido pelos próprios alunos, onde cada um deles tenta convencer os outros de que a sua resposta é a correta. Para isso, ele pode usar tudo que assimilou dos estudos prévios que fez e das explicações feita pelo professor. Desta forma, o estudante não estará simplesmente memorizando conteúdos para armazená-los e depois reproduzi-los, como acontece muitas vezes no modelo tradicional de ensino, com a prática da aprendizagem mecânica. Portanto, o aluno, além de ter sua aprendizagem facilitada, pode

assumir uma postura de colaborador no desenvolvimento da prática ensino-aprendizagem, isto é, ele pode se tornar um multiplicador de informações dentro da própria sala de aula.

## **2.4 A metodologia Peer Instruction incentiva os estudantes a participarem da construção da aprendizagem**

Por meio do diálogo, segundo Freire (1970), um indivíduo pode influenciar outro sobre o entendimento do que se esteja discutindo. À medida que a discussão avança, as concepções sobre determinados conceitos vão sendo transformadas até que ambos possam comungar da mesma opinião quanto aquele entendimento (FREIRE, 1987, p. 96). É exatamente o que se pretende alcançar quando se utiliza o método PI em sala de aula – que os entendimentos que cada aluno consolida possam evoluir para a definição correta dos tópicos explorados. Dessa forma, diante de questionamentos lançados e discussões fomentadas pelo professor, alunos podem socializar opiniões e debaterem entre si até que se alcance a tão almejada aprendizagem.

Quando o professor lança um teste conceitual, provocando uma situação na qual o aluno se sente desafiado, a busca por respostas torna-se mais acentuada, de modo a convidar esse estudante a sair do campo da alienação para se tornar um indivíduo de pensamento crítico, (FREIRE, 1987, p.40). Os testes conceituais desenvolvidos no modelo da metodologia PI têm o objetivo de provocar este efeito de transformação na prática de aprendizagem do aluno, resgatando-o da “escuridão” do ensino mecânico para leva-lo à “luz” da aprendizagem ativa, na qual ele como ser pensante terá todas as condições de trabalhar seu potencial, e assim, mentalizar de forma profunda todo o aprendizado que esteja sendo disponibilizado, (MAZUR, 2015, p.28).

A educação liberta o homem da condição de mero espectador quanto à aquisição de conhecimentos. Não se pode adquirir educação isoladamente, é necessário ao menos o mínimo de contato com outro indivíduo, pois uma pessoa pode receber educação a partir de outra – são as intervenções mediadoras externas. Essas intervenções podem ser provocadas a partir de situações problemas, as quais tem o objetivo de despertar no aluno seu senso crítico a cerca da problemática, fazendo-o refletir e buscar uma solução por meio de diálogos com seus pares e/ou com seu professor. É por meio dessa socialização que se atinge à condição de liberto (FREIRE, p.68). O método PI pode ser uma ferramenta para que se possa atingir esse

fim, haja vista que os meios utilizados para trazer o aluno para a aula são justamente os testes desafiadores e as discussões levantadas em sala. Diante dos testes conceituais promovidos pela metodologia PI, o aluno poderá alcançar o estado de liberto quando aquele entendimento, podendo avançar para novas etapas e, assim, podendo ultrapassar novos desafios.

## **2.5 Interação em grupo**

O trabalho em grupo, presente na metodologia PI, é umas das vertentes da aprendizagem ativa, pois cada indivíduo tem a oportunidade de expressar seu pensamento e colocar em discussão suas interpretações com os demais membros do grupo. Essa relação sócio-interacional já havia sido expressada anteriormente, com destaque para o método da aprendizagem mediada, desenvolvido por Lev Vygotsky. Nesse modelo é chamada a atenção para o desenvolvimento cognitivo de um indivíduo, a qual Vygotsky subdivide em duas partes: zona de desenvolvimento real (ZDR) e zona de desenvolvimento proximal (ZDP). A primeira refere-se ao conhecimento que o indivíduo já traz cristalizado em razão de vivências experimentadas, enquanto que a última faz alusão à aprendizagem praticada em grupo ou em pares com outro(s) indivíduo(s) mais experiente(s) (VYGOTSKY, 1998, p.113).

A ZDP é considerada como campo fértil para a aprendizagem mediada – uma aprendizagem que também pode ser considerada como um método ativo de ensino. Nessa zona o indivíduo pode absorver novos conhecimentos alicerçando-os através dos conhecimentos encontrados na ZDR, isto é, o conhecimento real pode confirmar a veracidade de um conhecimento proximal, de modo que o amadurecimento daquilo que se processa na zona proximal pode ser consolidado em conhecimento real (VYGOTSKY, 1998, p.113). Quando o professor usa a metodologia PI com seus alunos, relacionado os conteúdos que estão sendo explanados e os testes conceituais com experiências cotidianas, a ZDR em cada aluno poderá estar sendo acionada e, se assim for, ele terá a possibilidade de correlacionar elementos condicionados nessa zona para vincular a conceitos discutidos na ZDP.

O aprendizado não pode ser adquirido por um indivíduo de maneira isolada, sem que ele tenha o mínimo de interação com outro indivíduo. A aprendizagem necessita do social para de fato acontecer (VYGOTSKY, 1998, p. 115). Esse ponto converge exatamente para o ápice do método de ensino PI, o qual acontece justamente quando há a necessidade dos alunos socializarem (MAZUR 2015). Por meio de discussões, nas quais o aluno encontra-se



ativamente envolvido, a aprendizagem pode se materializar com ou sem intervenções do professor. Nessa fase o estudante terá condições de relacionar os tópicos que estão em pauta com outros tópicos que ele já tenha materializado a partir de experiências anteriores. Assim, poderá fazer ganchos para enraizar o novo conhecimento que no futuro poderá ser ponte para a aquisição de novos conhecimentos (VYGOTSKY, 1998, p. 117).

## **2.6 Entendendo os significados de cálculos a partir da metodologia Peer Instruction**

Poucas escolas têm inovado a maneira de como trabalham o Ensino Médio (EM). A entender que a grade curricular do Ensino Médio estipulada pelo Ministério da Educação (MEC) é bastante extensa e, que essa mesma grade é projetada como conteúdo programático para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), a forma tradicionalista de se ensinar ainda é maioria no Brasil. Isso pode ser justificado em decorrência do ingresso às mais concorridas universidades ocorrer por meio do desempenho do estudante na prova do ENEM. Assim, as instituições que ofertam o EM, visam preparar seus alunos para que tenham bom desempenho nesse exame. Para tanto, a maneira na qual o ensino é desenvolvido acontece através de aulas associadas ao modelo tradicional das detalhadas exposições de conteúdos e resolução de problemas, dos quais, a maioria é moldada do estilo da prova do ENEM. Por conta de todo desgaste exigido para vencer esses conteúdos, sobretudo no último ano do Ensino Médio, as escolas mantêm o método tradicional, sem muitas mudanças.

O método PI apresenta características que podem ajudar a transformar essa realidade. Trata-se de uma ferramenta que busca complementar as atividades desenvolvidas pelos estudantes em sala de aula, como os exaustivos problemas que eles constantemente são obrigados a resolver. Assim, ao executar seus cálculos, o estudante pode relacionar os conteúdos que estão sendo explorados com as discussões que foram efetivadas no ato da execução da metodologia IpC (Mazur, 2015). Isso pode ser vantajoso em razão das resoluções dos problemas exigirem o uso de equações, em que cada termo de uma equação traz um ou mais significados, que podem ser traduzidos através de conceitos, os quais podem ser discutidos previamente através da metodologia PI. Diante disso, o professor pode planejar uma sequência para que suas aulas sejam executadas nesses moldes, para que o estudante

possa realmente entender os significados de cada passo que ele desenvolve ao executar um cálculo de determinado problema.

## CAPÍTULO 3

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Metodologia de referência

A metodologia desenvolvida neste trabalho foi alicerçada no método PI, de Eric Mazur. Por meio desse método, a aprendizagem dos estudantes é avaliada e trabalhada mediante coleta de resultados através de algum sistema de registro. Nessa metodologia, o professor lança testes conceituais de múltipla escolha, dos quais cada aluno deverá escolher uma alternativa através de votação. Previamente à exploração de cada teste, o professor deve fazer uma breve exposição do conteúdo que estará sendo abordado no referido teste, (Mazur, 2015). Um fator que pode contribuir para que o aluno esteja mais envolvido nesse processo, é que ele faça previamente à aula estudos direcionados do conteúdo que está em foco. Considerando essas atividades extraclasse, ele poderá inteirar-se com antecedência a respeito dos assuntos que serão discutidos posteriormente no momento da aula e, dessa forma, identificar pontos que se mostrem confusos a ele (CROUCH e MAZUR, 2001). Assim, o estudante tem a possibilidade de sinalizar ao professor, no momento oportuno, todas as dúvidas identificadas em seus estudos prévios.

Mazur (2015) coloca que os indicativos de aprendizagem são evidenciados quando a turma atinge uma margem igual ou superior a 70% de acertos dos testes conceituais. Se isso acontecer, recomenda-se que o professor comente novamente o assunto, mas dessa vez, com o máximo de riqueza de detalhes, aproveitando para expor tudo que foi omitido na primeira exposição, inclusive comentar a alternativa correta do teste conceitual em discussão e, explicar o porquê das demais alternativas estarem incorretas.

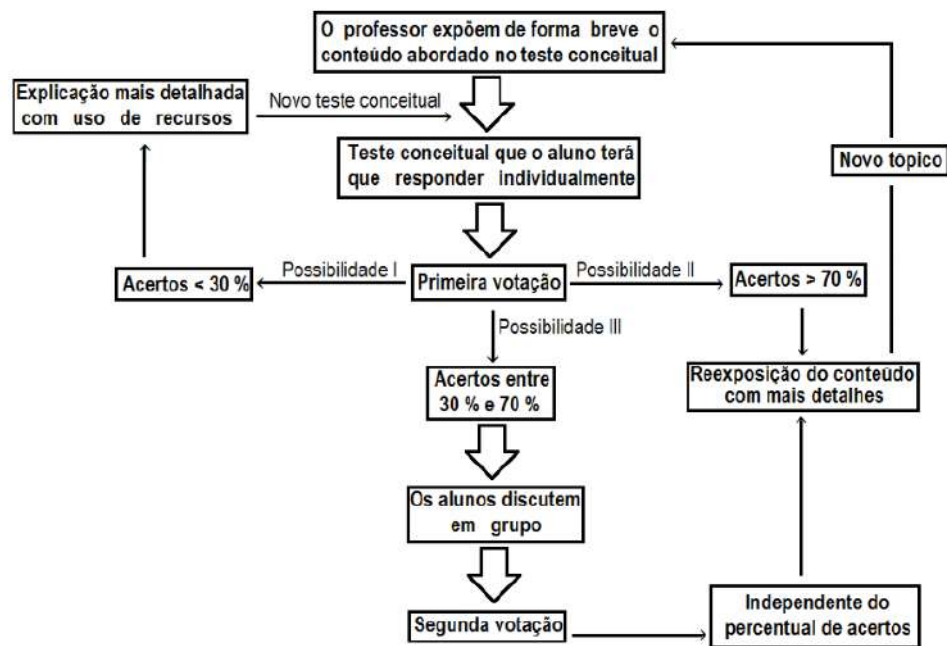
No caso de a turma obter um quantitativo de acertos inferior a 30%, recomenda-se que o professor retome o tópico com maior riqueza de detalhes e, se possível, lançando mão de alguns recursos, como, por exemplo, o uso de animações e imagens projetadas, vídeos, ou até mesmo, experimentos. O objetivo dessas abordagens serve para que a aprendizagem do tema explorado não passe despercebida para o aluno, de modo que ele possa ter boa compreensão e cristalice aquele ensinamento; e também que sejam atendidas as expectativas do professor diante de seus objetivos com aquela turma, cujo fim maior é a aprendizagem.

Após essa nova abordagem, o professor lança mão de outro teste conceitual com o mesmo teor de dificuldade que o primeiro. Nessa segunda tentativa espera-se que a quantidade de acertos seja ampliada para a margem igual ou superior a 70%. Atingida essa meta, evidencia-se que de fato a aprendizagem foi satisfatória; no entanto, se persistir a margem inferior dos 30% de acertos, recomenda-se que se inicie novo processo, com a exploração de outro tópico a partir do lançamento de outro teste conceitual, concluindo-se, então, que a aprendizagem referente ao primeiro tópico foi quase inexistente, devendo ser reforçado. Desta forma pode-se impedir um possível bloqueio dos alunos perante aquela aula ou uma rejeição pelo assunto ministrado, ou até mesmo pela disciplina (MAZUR, 2015 p.10-11).

A votação de um teste conceitual com margem de acertos compreendida entre 30% e 70%, evidencia que a turma está dividida entre a alternativa correta e as demais. Para essa situação, recomenda-se que o professor divida a turma em grupos para que cada integrante socialize, com os demais integrantes, suas justificativas para a escolha da alternativa em que votou. Essa é a etapa de maior participação do aluno, é o momento em que ele tem a oportunidade de expressar o que assimilou desde as leituras prévias, em sua casa, do material recomendado pelo professor, até o momento da votação. O estudante que esteja realmente disposto a “abraçar” esse modelo de ensino, entrará enriquecido de conteúdo para usar nessas discussões e, desta forma, terá potencial para influenciar seus colegas ou, juntos com eles, chegar à alternativa correta. Depois de terminadas as discussões e os alunos reajustarem suas ideias, o mesmo teste conceitual é colocado novamente em votação. Para que o envolvimento dos alunos seja registrado com sucesso, o percentual de acertos nessa nova votação deve atingir, ou superar, 70%. Independente do percentual de acertos alcançados nessa nova votação é recomendado seguir para um novo tópico, dando início a um novo processo, seguindo a mesma sequência de ensino.

A Figura 3.1 é um diagrama esquemático da metodologia PI, nela está descrito as etapas em sequência da metodologia que foram descritas acima. O desempenho do estudante para cada teste conceitual irá determinar os passos seguinte da aula.

Figura 3.1 – Modelo esquemático da metodologia Peer Instruction.



Fonte: Adaptado de Lasry, Mazur e Watkins (2008).

## 3.2 Sistema de votação

Existem disponíveis alguns mecanismos de efetivação de votos. Um dispositivo de votação bastante prático é o clickers (sistema eletrônico pessoal de respostas), pois, além de dinamizar o processo de votação, o tempo que o professor leva para obter os resultados dos votos é muito curto. Trata-se de um aparelho eletrônico portátil, de uso individual, ou seja, apenas um aluno por aparelho, o que onera a sua aquisição e, por isso muitos professores preferem a utilização de outros mecanismos que não exijam um custo financeiro elevado. No dispositivo clickers, o aparelho de saída dos votos trabalha em conjunto com um dispositivo que deve ser acoplado via USB no computador, para que os votos sejam registrados. A Figura 3.2, mostra um modelo de um aparelho clickers e seu uso em um processo de votação.

**Figura 3.2 – Modelo de um dispositivo de votação clickers em conjunto com o aparelho que estabelece a conexão com o computador (a) e, alunos utilizando o dispositivo de votação clickers (b).**



Fonte: [historiann.com/2009/03/03/clickers-excuse-me-are-we-training-dogs-here/](http://historiann.com/2009/03/03/clickers-excuse-me-are-we-training-dogs-here/)

O dispositivo de votação conhecido como flashcards é bastante vantajoso quanto ao custo financeiro. São placas, onde estão redigidas uma das alternativas dadas como opção de votação nos testes conceituais. O ato de votar é realizado apenas com o levantamento das placas pelos alunos, a partir de onde o professor começa a contabilizar os votos de forma mecânica, o que demanda certo intervalo de tempo, causando prejuízo à dinâmica desenvolvida na aula. Outra desvantagem desse modelo ocorre para turmas numerosas, pois a contagem das placas pode ficar comprometida caso o voto de algum aluno passe por despercebido ao professor. Em decorrência dessas considerações, esse sistema de votação não é o mais adequado para esse fim. Para a contagem de votos da aplicação dos testes conceituais empregados nesse trabalho, foi utilizado o mecanismo de votação Plickers. Devido sua eficiência e facilidade de manuseio, uma seção deste trabalho foi dispensada para que todas suas funções pudessem ser transmitidas de forma clara e objetiva a quem decidir utilizar esse dispositivo de votação.

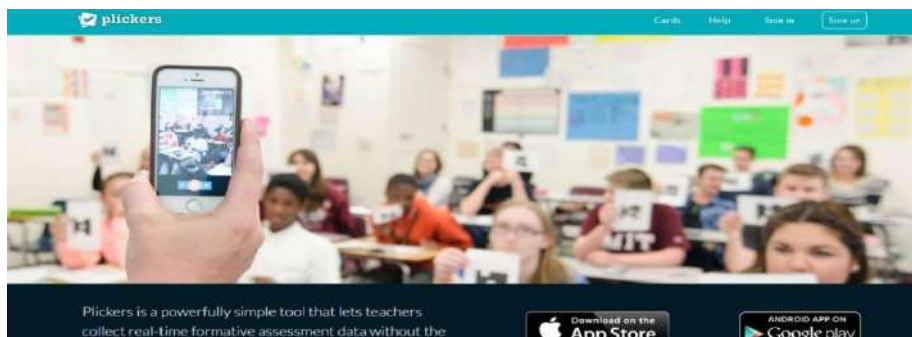
### 3.2.1 O aplicativo de votação Plickers

A página disponível na internet do aplicativo plickeks é apresentada no idioma inglês, no entanto, sua manipulação é bastante simples, mesmo para alguém que não domine o idioma. Para tanto, segue abaixo instruções que facilitam a manipulação desse aplicativo como sistema de votação, em abordagens de testes de múltipla escolha, como é o caso dos testes conceituais do PI.

Para o uso do aplicativo plickers é necessário, inicialmente, que se acesse a página eletrônica [www.plickers.com](http://www.plickers.com), através da qual aparecerá imediatamente a área de trabalho como mostrado na Figura 3.3, onde estão dispostas, na barra superior (em azul), funções

importantes para a execução do aplicativo, as quais são: **Card**, **Help**, **Sign in** e **Sign up**. Abaixo, na mesma figura, aparece a opção de download do aplicativo – **App Store**.

**Figura 3.3 – Área inicial do aplicativo plickers.**



Fonte: [www.plickers.com](http://www.plickers.com)

Primeiramente é necessário que o aplicativo seja instalado no dispositivo eletrônico que se deseja trabalhar. Embora dispositivos eletrônicos como celular ou tablet sejam práticos para o uso do aplicativo, recomenda-se que essa abordagem inicial seja efetuada a partir de um computador, pois algumas atividades essenciais, como a introdução dos testes conceituais, formatação e impressão dos cartões de votação, são mais simples de serem realizadas através do teclado de um computador. Então, basta ir à opção **App Store** e seguir as instruções para execução de *download* do aplicativo. Após o aplicativo ser instalado, o usuário deve seguir para a opção **Sign up**, mostrada na Figura 3.3, a partir da qual aparecerá a imagem mostrada na Figura 3.4, onde será exigida a criação de uma conta constituída de login e senha a serem preenchidos nos espaços correspondentes.

**Figura 3.4 – Criação do login e senha para um usuário que deseja utilizar o aplicativo plickers.**

Fonte: [www.plickers.com/signup](http://www.plickers.com/signup)

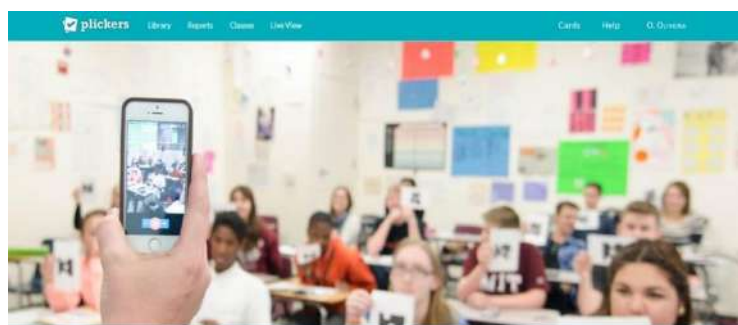
Uma vez cadastrado, o usuário passa a acessar diretamente o aplicativo indo à opção **sign in** (que aparece na Figura 3.3), a partir de onde surge a imagem mostrada na Figura 3.5, que traz os espaços a serem preenchidos com login e senha (acesso ao aplicativo). O espaço para o login é preenchido com o e-mail que o usuário informou no momento em que a conta para a utilização do aplicativo foi criada, e a senha corresponde ao termo password.

**Figura 3.5 – Área de acesso ao aplicativo plickers para usuários cadastrados.**

Fonte: [www.plickers.com/signin](http://www.plickers.com/signin)

A primeira imagem que o usuário observa após acessar sua conta é a que aparece na Figura 3.6, uma imagem bastante semelhante à Figura 3.3, diferenciando-se pelas novas opções **Library**, **Reports**, **Classes** e **Live view** que aparecem na barra superior em azul à esquerda. Nesta mesma barra são omitidos os comandos **Sign in** e **Sign up**, sendo preservadas as opções **Card** e **Help**, e aparece o nome do usuário à direita.

**Figura 3.6 – Tela principal da área do usuário.**



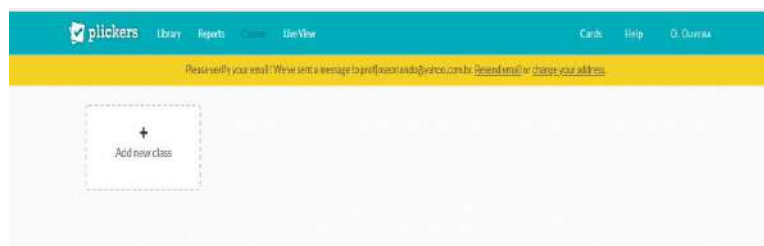
Fonte: [www.plickers.com](http://www.plickers.com)

Para que as opções de votação dos alunos sejam registradas pelo aplicativo plickers, o professor deverá fazer o cadastro da turma indo na opção **classes** da sua área de trabalho. Ao



clicar nessa opção, o professor se deparará com a imagem mostrada na Figura 3.7, devendo clicar na opção **+ Add new class** da referida página. Em seguida será aberta uma janela como mostrada pela Figura 3.8, onde será possível caracterizar a turma conforme suas informações básicas, tais como: nome da turma (Class name), o seguimento da turma (Year), a área de conhecimento que a turma está explorando (Subject) e, até mesmo uma cor poderá ser associada à turma para diferenciá-la de outras turmas que o professor poderá adicionar.

**Figura 3.7 – Área reservada para o cadastro de turmas no aplicativo Plickers.**



Fonte: [www.plickers.com/classes](http://www.plickers.com/classes)

**Figura 3.8 – Espaço reservado para caracterizar a turma na qual será utilizado o aplicativo Plickers.**

 A screenshot of the 'Basic Class Info' form in the Plickers application. The form is titled 'Basic Class Info' and contains the following fields:
 

- 'Name your class': A text input field with the placeholder text 'Class name'.
- 'Year': A dropdown menu with the placeholder text '-- Select a year --'.
- 'Subject': A dropdown menu with the placeholder text '-- Select a subject --'.
- 'Class color': A row of ten colored circles (green, purple, pink, blue, light green, yellow, orange, red, dark blue, light blue) with a checkmark over the first green circle.

 At the bottom right of the form, there are two buttons: 'Cancel' and 'Save'.

Fonte: [www.plickers.com/classes](http://www.plickers.com/classes)

Vamos considerar, por exemplo, que um professor de Ciências esteja utilizando o aplicativo plickers com uma turma de segunda série do Ensino Médio. Se for dado o nome Alfa para essa turma e associada a ela a cor vermelha, o preenchimento ficaria como o que aparece na Figura 3.9. Após serem fornecidas todas as informações, deve-se seguir para a parte inferior da janela, à direita, e acessar na opção **Salve**, a partir da qual, todas as informações serão salvas.

**Figura 3.9 – Especificidade de uma turma criado no aplicativo Plickers.**

Basic Class Info

Name your class

Year

Subject

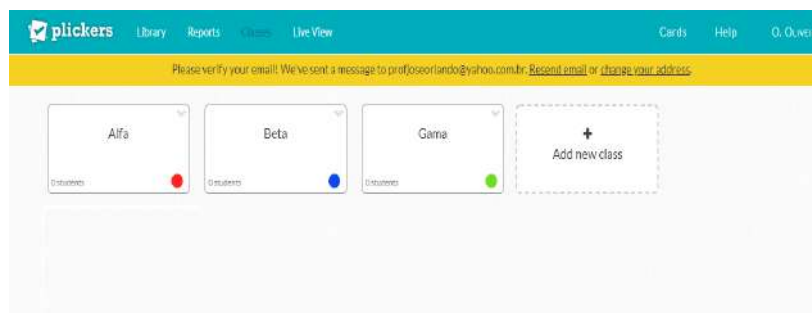
Class color

Cancel Save

Fonte: [www.plickers.com/classes](http://www.plickers.com/classes)

Considerando que, além da turma Alfa, o professor resolva adicionar mais duas turmas, digamos Beta e Gama, associando a elas as cores azul e verde, respectivamente. Ao salvar essas turmas, a imagem visualizada quando se clica na opção **Class** é a que aparece na Figura 3.10.

**Figura 3.10 – Novas turmas adicionadas ao aplicativo Plickers.**

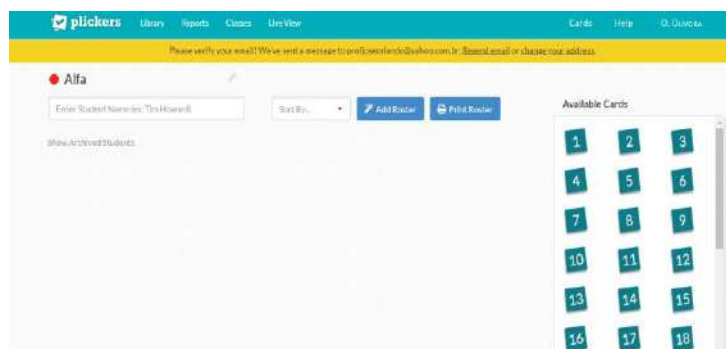


Fonte: [www.plickers.com/classes](http://www.plickers.com/classes)

Ao clicar em uma das turmas, podem-se adicionar os nomes dos alunos daquela turma, um a um, associando a cada um deles um cartão de votação, com uma numeração única, que pode ser o seu número correspondente na caderneta de frequência da turma. A imagem que aparece na tela para fazer esse adcionamento está na Figura 3.11. No espaço “Enter Student Name” é reservado para que se escreva o nome do aluno que será associado ao cartão de número 1. Após apertar o botão “Enter” do teclado do computador, passa-se para o

preenchimento do nome de outro aluno, que será associado ao cartão de número 2 e, assim, segue o preenchimento dos demais alunos dessa turma.

**Figura 3.11 – Associação dos alunos de uma determinada turma com seus respectivos cartões de votação.**



Fonte: [www.plickers.com/classes/5b86003d4a46ff0004bfee16](http://www.plickers.com/classes/5b86003d4a46ff0004bfee16).

O aplicativo plickers disponibiliza arquivos no formato portátil de documento (PDF) dos cartões respostas para serem impressos conforme a necessidade do professor. O usuário pode escolher as quantidades de cartões que irá precisar de acordo com as opções que são disponibilizadas na tabela da Figura 3.12, a qual aparece imediatamente quando se aciona a função **Cards**.

**Figura 3.12 – Opções de impressão dos cartões de votação do aplicativo plickers.**

Plickers Set	# of cards	Cards per sheet	Font size	Ideal for...
<a href="#">Standard</a>	40	2	normal	Most classrooms of average size
<a href="#">Expanded</a>	63	2	normal	Large student groups in a standard classroom setting
<a href="#">Large Font</a>	40	2	large	Younger students or anyone who may have trouble reading the letter answers
<a href="#">Large Cards</a>	40	1	normal	Deeper or especially large classrooms or auditoriums Note: Larger cards may block other students' cards
<a href="#">Large Cards Expanded</a>	63	1	normal	Large student groups in especially large, non-standard classrooms Note: Larger cards may block other students' cards

Not seeing cards you need? Add your idea to our [ideas forum!](#)

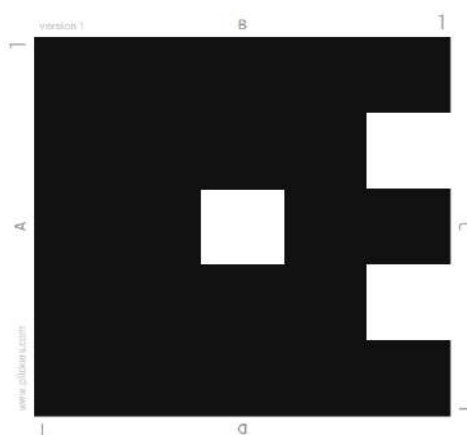
Fonte: [www.plickers.com/cards](http://www.plickers.com/cards)

A Figura 3.12 é de uma tabela empregada pelo aplicativo plickers para a escolha do formado dos cartões de votação a serem utilizados. Na primeira coluna podemos escolher qual conjunto de cartões (Plickers set) queremos utilizar, segundo os modelos: padrão (Standard), expandido (Expanded), fonte grande (Large font), cartões grandes (Lange cards) e cartões grandes expandidos (Large cards expanded). A segunda coluna traz as opções das quantidades

de cartões (# of cards) que se pretende ter no arquivo PDF gerado. Já na terceira coluna podemos escolher se, no arquivo, será gerado um cartão por folha ou dois cartões por folha (Cards per sheet). A orientação da quarta coluna (Font size) se refere ao tamanho da fonte para os cartões de votação, normal ou grande (Large). Por fim, a quinta coluna (Ideal form) mostra determinadas características que servem para os usuários se orientarem, e assim escolherem o melhor modelo de cartões de votação que se enquadre em suas pretensões.

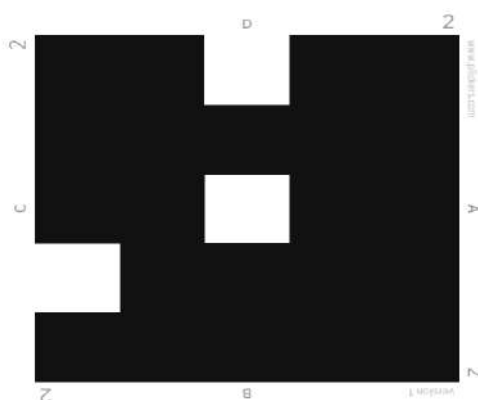
Os cartões são gerados no formato PDF de acordo com a opção escolhida entre as mostradas na Figura 3.12. Cada cartão apresenta um formato único, o que significa que cada aluno poderá ser reconhecido, pelo aplicativo Plickers, através do cartão que estará utilizando. As Figuras 3.13, 3.14 e 3.15 mostram os três primeiros formatos dos cartões de votação correspondentes aos números 1, 2 e 3 respectivamente, gerados segundo o modelo Standard.

**Figura 3.13 – Formato do cartão de votação número 1 do aplicativo Plickers, segundo o modelo Standard.**



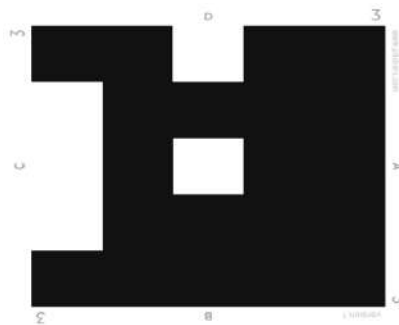
Fonte: [www.plickers.com/PlickersCards\\_2up.pdf](http://www.plickers.com/PlickersCards_2up.pdf)

**Figura 3.14 – Formato do cartão de votação número 2 do aplicativo Plickers, segundo o modelo Standard.**



Fonte: [www.plickers.com/PlickersCards\\_2up.pdf](http://www.plickers.com/PlickersCards_2up.pdf)

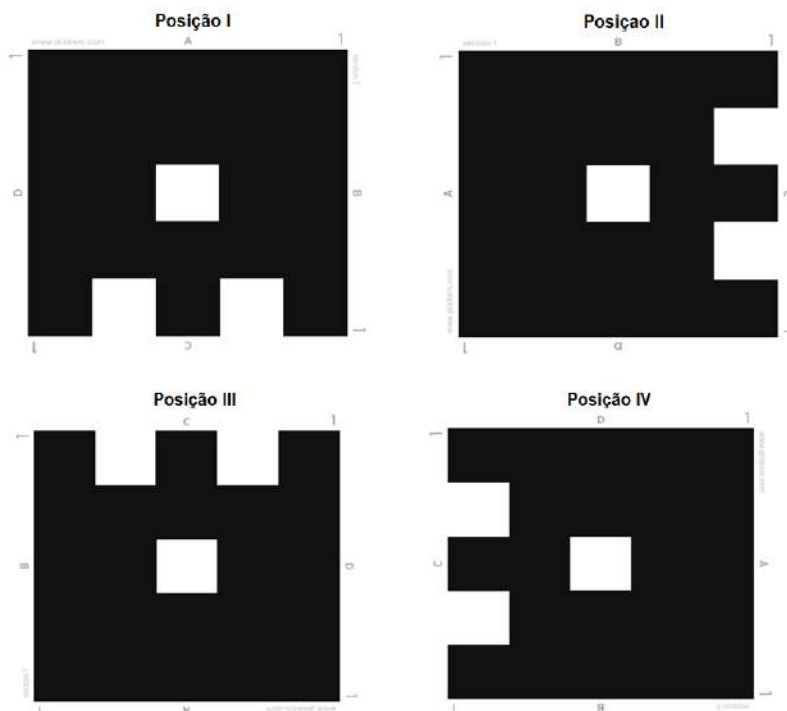
**Figura 3.15 – Formato do cartão de votação número 2 do aplicativo Plickers, segundo o modelo Standard.**



Fonte: [www.plickers.com/PlickersCards\\_2up.pdf](http://www.plickers.com/PlickersCards_2up.pdf)

O aluno registra seu voto em uma das alternativas (A, B, C ou D) de um teste conceitual, através da posição em que seu cartão de votação é levantado. Por exemplo, a Figura 3.16 mostra o mesmo cartão de votação em quatro posições diferentes: a posição I corresponde à alternativa A, já a posição II indica a alternativa B como resposta, enquanto a posição III está associada à alternativa C e, finalizando, a alternativa D é escolhida com o cartão levantado na posição IV.

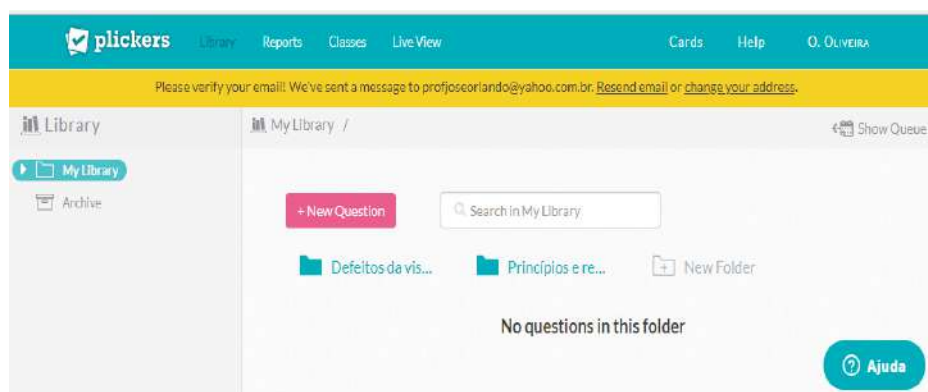
**Figura 3.16 – Diferentes posições para um cartão de votação, indica uma alternativa específica (A, B, C ou D).**



Fonte: [www.plickers.com/PlickersCards\\_2up.pdf](http://www.plickers.com/PlickersCards_2up.pdf)

Os testes conceituais são introduzidos no aplicativo plickers através da função **Library** – é a biblioteca do aplicativo. Nessa área ficarão guardados todos os arquivos dos testes conceituais abordados pelo usuário. Esses armazenamentos podem ser organizados em pastas (Folder), as quais podem ser criadas, uma a uma, para armazenarem os testes conceituais introduzidos. A Figura 3.17 mostra a área de ação dessa biblioteca virtual, onde ficam dispostas todas as pastas já criadas e, mais a opção de criar uma nova pasta (New Folder). Geralmente cada pasta ganha um nome específico associado ao assunto dos testes conceituais que ela armazena.

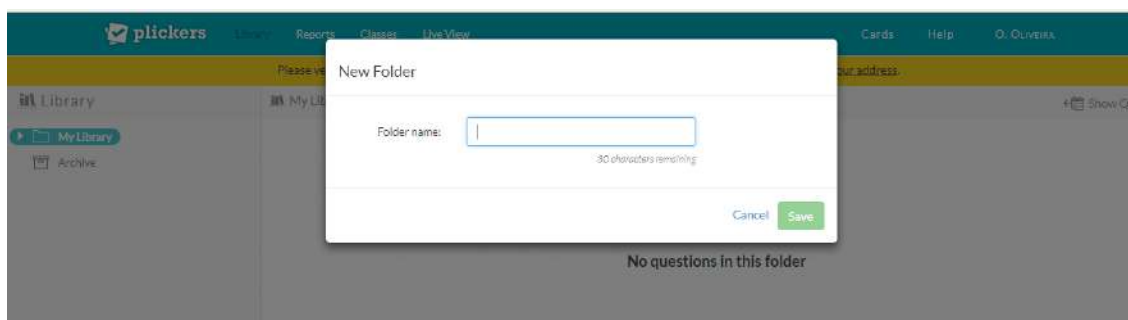
**Figura 3.17 – Biblioteca virtual do aplicativo Plickers, onde varias pastas podem ser criadas para armazenar testes conceituais específicos.**



Fonte: [www.plickers.com/Library](http://www.plickers.com/Library)

Quando se clica na opção “New Folder” surge imediatamente uma janela com um espaço a ser preenchido com o nome da pasta (Folder name), conforme mostra a Figura 3.18. Depois que a pasta estiver devidamente nomeada ela deve ser salva na opção **Save** localizada no canto inferior direito da janela. Depois disso, os testes conceituais podem ser introduzidos.

**Figura 3.18 – Momento de criação de uma nova pasta no aplicativo Plickers.**



Fonte: [www.plickers.com/Library](http://www.plickers.com/Library)

Para cada teste conceitual introduzido, será necessário ser escolhida uma alternativa como opção correta entre quatro alternativas (A, B, C e D). Para isso, basta clicar na pasta que foi criada, a partir da qual surge a janela da Figura 3.19.

**Figura 3.19 – Introdução de um teste conceitual no aplicativo Plickers. Deve-se escolher uma das alternativas para ser afirmativa correta.**

Fonte: [www.plickers.com/library?folder=5b8c37a3555b0e00041d6c73](http://www.plickers.com/library?folder=5b8c37a3555b0e00041d6c73)

A partir dessa janela, pode-se optar por trabalhar com testes conceituais com apenas duas proposições com as opções de verdadeiro ou falso. Para essa alteração, deve-se modificar o modelo da janela de múltiplas escolhas (Multiple Choice) para verdadeiro ou falso (True/False), assim, a janela da Figura 3.19 será substituída pela janela da Figura 3.20.

**Figura 3.20 – Introdução de um teste conceitual no aplicativo plickers no formato verdadeiro ou falso. Deve-se escolher uma das alternativas para ser afirmativa verdadeira.**

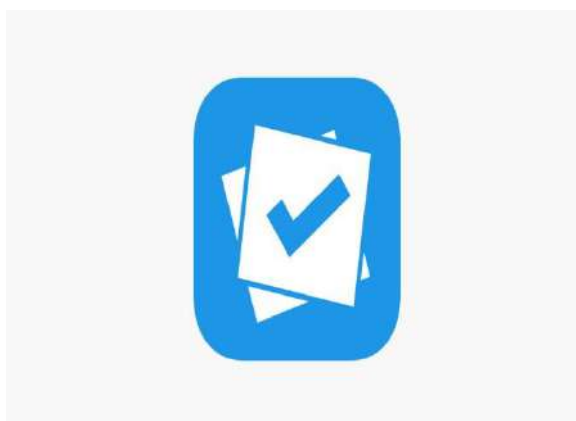
Fonte: [www.plickers.com/library?folder=5b8c37a3555b0e00041d6c73](http://www.plickers.com/library?folder=5b8c37a3555b0e00041d6c73)

Nos dois modelos, através do comando **Save and creat new** localizado na parte inferior direita da janela, os testes conceituais podem ser adicionados em sequências, um após o outro, sendo salvos automaticamente. Caso queira introduzir apenas um teste conceitual, o usuário deve acionar o comando **Save** após introduzir o teste, o qual apenas será salvo e, a janela será fechada logo em seguida. Mesmo dessa forma é possível adicionar novos testes, a partir dos já existentes, ao abrir novamente a pasta, a partir da qual será disponibiliza novamente as mesmas opções de antes.

Após serem armazenados na biblioteca do aplicativo, os testes conceituais estarão disponíveis para serem utilizados, no entanto será necessário um mecanismo de registro dos votos realizados pelos alunos. Para isso, podem-se usar celulares ou tablets, haja vista a facilidade de transporte e manuseio desses aparelhos portáteis. Para habilitar o aparelho como instrumento de coleta de votos, basta que ele possua entre seus programas o software *Play store*, a partir do qual o aplicativo de votação Plickers pode ser baixado gratuitamente. Não há necessidade de processadores sofisticados, sistemas operacionais como o *android* são mais do que suficientes para suportar o aplicativo.

Após o aplicativo Plickers ser instalado no dispositivo que será usado nas contagens das votações, como um celular, por exemplo, aparecerá em seu menu o ícone do aplicativo como mostrado na Figura 3.21. Ao clicarmos nesse ícone, surge uma tela onde serão exigidos os dados de acesso *login* e senha, os quais serão os mesmos do cadastro inicial, realizado com o uso do computador. Depois dos dados de entrada serem confirmados, ficam disponibilizadas as mesmas funções que aparecem na área de trabalho quando se acessa o aplicativo pelo computador, significando que as mesmas ações realizadas por meio do computador, podem ser executadas a partir do celular.

**Figura 3.21 – Ícone associado a aplicativo Plickers.**

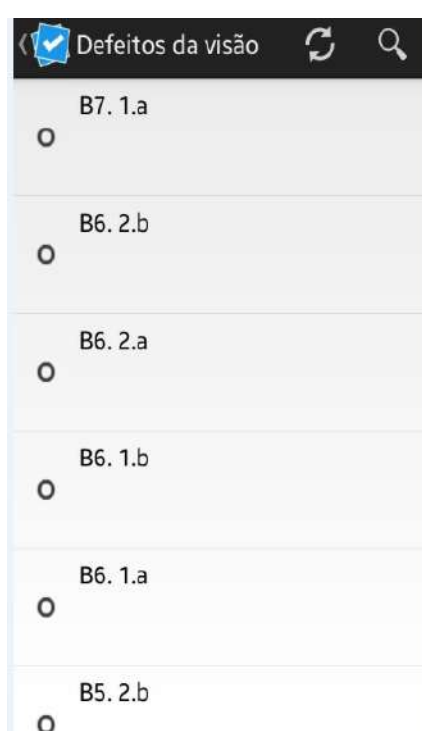


Fonte: [itunes.apple.com/br/app/plickers/id701184049?mt=8](https://itunes.apple.com/br/app/plickers/id701184049?mt=8)



No momento da aplicação dos testes conceituais, deve-se escolher inicialmente, pelo celular (tablet ou outro dispositivo), uma das turmas registradas e, em seguida entrar na biblioteca (Library) e escolher uma das pastas que armazenam os testes conceituais. A pasta que for acessada disponibilizará todos os testes que ela comporta, assim, o usuário pode escolher qualquer um para ser aplicado na turma escolhida anteriormente. A Figura 3.21 mostra uma sequência de testes, representados por códigos, de uma pasta em específico.

**Figura 3.22 – Testes conceituais armazenados em uma das pastas da biblioteca do aplicativo Plickers.**



Fonte: [Fonte: www.plickers.com/library](http://www.plickers.com/library)

Quando se clica em um desses testes, digamos o teste de código B6. 1.a, aparece a imagem da Figura 3.23, onde se identifica a alternativa correta na cor verde entre as demais que aparecem na cor vermelha. Abaixo das alternativas, no canto inferior direito, na mesma figura, aparece a opção de utilização do teste, **Add to queue**. A partir dessa função, o teste é aberto na tela do celular destacando a alternativa correta como mostra a Figura 3.24. Na parte superior direita dessa mesma imagem aparece um ícone na forma de uma máquina fotográfica (📷) que, ao se clicado, aciona a câmera digital do celular, a partir da qual, todos os votos manifestados pelos alunos ao levantarem seus respectivos cartões de votação, serão

registrados e computados, conforme ao que aparece na Figura 3.25. Nessa mesma figura, pode ser verificado o nome dos alunos no canto superior esquerdo da tela do celular. O interessante é que o nome desses alunos, após terem seus votos registrados, são destacados na cor verde, nos casos de acertos, ou na cor vermelha, para os casos incorretos.

**Figura 3.23 – Teste conceitual selecionado para ser analisado mediante votações dos alunos.**



Fonte: [www.plickers.com/library](http://www.plickers.com/library)

**Figura 3.24 – Teste conceitual pronto para a coleta de votos.**



Fonte: [www.plickers.com/library](http://www.plickers.com/library)

**Figura 3.25 – Câmera do celular buscando os votos dos alunos.**



Fonte: [www.plickers.com/library](http://www.plickers.com/library)

A Figura 3.26 retrata o momento de coleta de votos em uma utilização do dispositivo Plickers.

**Figura 3.26 – Coleta de votos a partir do aplicativo Plickers.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados das votações são imediatos, representados instantaneamente por gráfico e, expondo os percentuais de acertos e erros. Por meio da imagem representada pela Figura 3.25, o professor tem a informação, em tempo real, dos alunos que acertaram o teste conceitual e também dos que erraram. Todos os testes seguem a mesma sequência de

utilização, de modo que os resultados de todos eles ficam armazenados no aplicativo, podendo ser visitados a qualquer momento através da função **Reports**. A partir dessa função, é disponibilizado ao usuário informações dos testes conceituais que foram aplicados, tais como: a data de aplicação do teste, o percentual de acertos da turma, a quantidade de alunos que optaram pela alternativa correta e, as quantidades de alunos que escolheram as demais alternativas.

O emprego do aplicativo Plickers como dispositivo de votação é visto como um dos mais favoráveis entre os demais modelos de coleta de votos. Sua utilização simplifica bastante esse processo pelas praticidades encontradas nele. Os resultados das votações são obtidos instantaneamente ao registro dos votos sendo disponibilizadas em tempo real, como também as estatísticas de acertos e erros que vão sendo registrados pelo aplicativo. Outra vantagem desse dispositivo é que não há a necessidade de conexão via internet para sua utilização, os resultados são atualizados, instantaneamente, no momento em que o usuário acessa sua conta, ficando todos os resultados armazenados pelo aplicativo. Há também a facilidade de se obter o aplicativo, ele é totalmente gratuito, estando disponível a qualquer momento na página eletrônica, [www.plickers.com](http://www.plickers.com).

### **3.3 Metodologia**

#### **3.3.1 Sobre a escolar onde a metodologia PI foi aplicada**

Foi escolhida para a aplicação dessa metodologia a instituição de ensino Centro de Estudos John Knox (CEJK), na qual leciono regularmente nas turmas de Ensino Médio desde 2015. O CEJK fica localizado na Avenida Enéas Pinheiro, 1752, no Bairro do Marco, na cidade de Belém, do Estado do Pará. A instituição oferece ensino desde Educação Infantil ao Ensino Médio.

O CEJK é uma instituição de ensino ligada à Associação Reformada Palavra da Verdade (ARPAV), uma sociedade civil, de natureza religiosa, cultural e educacional, sem fins lucrativos. A instituição CEJK, começou em 1987, com o nome Escola Arca de Noé. Mas em 1998, em virtude de seu crescimento, passou a ser chamado de Centro de Estudos John Knox, nome herdado de um dos principais reformadores do movimento protestante do século XVI. Desde 1994 a instituição oferece os Ensinos Infantil e Fundamental, I e II. A partir de 1999, passou a oferecer o Ensino Médio e o convênio pré-vestibular. O CEJK tem atualmente

mais de 500 alunos matriculados, contando com um quadro de pessoal composto por mais de 55 profissionais, entre os quais, docentes com títulos de mestres e doutores, e alguns em busca desses títulos.

### 3.3.2 Sobre a turma submetida à metodologia e o material didático utilizado

Para ser submetida à aplicação da metodologia deste trabalho, foi selecionada a única turma de segunda série do Ensino Médio existente no CEJK, a qual é composta de 43 alunos. Nessa turma, bem como em todo Ensino Médio, desde 2016 é utilizado como livro base para as aulas, os livros da coleção intitulada: Bernoulli Sistema de Ensino (BSE). Cada série conta com quatro volumes para serem trabalhados ao longo do ano, de modo que cada volume se propõe a explorar conteúdos para um bimestre. Nos volumes da coleção BSE, os assuntos são desdobrados por frentes, em que cada bimestre corresponde a duas frentes (Frente A e Frente B) para a primeira e segunda série, e três frentes (Frente A, Frente B e Frente C) para a terceira série que, no CEJK, é tratada como convênio pré-vestibular.

A turma é bastante diversificada, compostas por alunos de diferentes níveis de aprendizagem, há muitos que apresentam um grau bastante significativo quanto ao engajamento nas atividades propostas em sala e, também, há aqueles que não demonstram o mesmo comprometimento. Também se observa que a socialização desses estudantes difere, sobretudo quanto à formação de “tribos” que são consolidadas dentro da própria turma, em que a pauta de suas interações nem sempre está relacionada ao conteúdo que o professor está expondo. Há aqueles que, comparados a outros, apresentam maior desinibição ao responderem ao professor quando este os questiona sobre algo que está sendo explorado em sala de aula.

Os conteúdos de ensino dos assuntos encontrados na coleção do BSE foram pensados para estudantes que tenham a pretensão, ao concluírem o Ensino Médio, de prestarem exames de processos seletivos de diversas universidades e, assim ingressarem ao nível superior. Atualmente, os cursos ofertados por muitas universidades são preenchidos por alunos que tenham bom desempenho na prova do ENEM. Sendo assim, o material do BSE sofreu algumas adaptações para atender essa clientela, o que significou adequar as abordagens de seus conteúdos para outro formato que convergisse para o modelo da prova do ENEM. Por exemplo, os conteúdos usados para a abordagem da metodologia deste trabalho estão confeccionados nesses moldes.

A metodologia PI visa à aprendizagem de conceitos sem, no entanto, sacrificar a habilidade de resolver problemas. Ao fazer essa abordagem em meu trabalho, vi a necessidade de explorar um assunto que oferecesse potencial para resultados positivos no desenvolvimento da metodologia PI. A física oferece um rol muito variado de assuntos que se enquadram nessa perspectiva; para tanto, teria que selecionar um assunto compreendido na grade curricular da segunda série do Ensino Médio, já que esta seria a turma onde a metodologia PI seria aplicada. Vi na Óptica Geométrica a oportunidade de trabalhar conceitos físicos com maior destaque do que soluções problemas, embora a metodologia PI não nós condicione a fazer isso, optei por essa distinção. Então, decidi pelos tópicos dos Princípios da Óptica Geométrica, associando-os a Reflexão da Luz, e em seguida conceitos do assunto Defeitos da Visão.

### 3.3.3 Aplicação da metodologia Peer Instruction

Para aplicação da metodologia Peer Instruction no desenvolvimento desse trabalho, foram selecionados dois assuntos da Óptica Geométrica: princípios da óptica geométrica, associados à reflexão da luz, e defeitos da visão. Foram separados dois momentos distintos para a abordagem de cada assunto. O rigor e a estrutura de aplicação para ambos os assuntos foram os mesmos, pois a entender que o aluno ao ser submetido à mesma didática, consegue evoluir para as práticas futuras, e assim, pode tirar o melhor proveito do método utilizado. Nas duas oportunidades foram respeitadas as seguintes etapas:

- (i) Estudos prévios por parte dos alunos, utilizando o material BSE, com orientação do professor, a respeito dos tópicos pertencentes aos assuntos a serem explorados;
- (ii) Exposição breve dada pelo professor à turma a cerca dos tópicos a serem analisados do assunto que entrarão em discussão;
- (iii) Aplicação de testes conceituais que aborde os tópicos introduzidos pelo professor em (ii);
- (iv) Os alunos votam em uma das alternativas do teste conceitual lançado;
- (v) O professor coleta o resultado da votação, por meio do aplicativo plickers e, mediante o percentual de acertos, decide:
  - a) expor novamente o tópico com uma maior clareza e mais detalhes, quando o quantitativo de acertos for menos que 30%. Para uma situação como essa, o professor lança outro teste conceitual com o mesmo teor e inicia uma nova votação;

- b) ou formar grupo entre os alunos para que possam discutir sobre qual das alternativas é a correta. Essa ação será válida quando o quantitativo de acertos da turma estiver na margem compreendida entre 30% e 70%;
  - c) ou então, seguir a diante com o lançamento de um novo teste conceitual quando o quantitativo de acertos for igual ou maior que 70%. Antes de abordar o novo teste, o professor dispensa à turma todos os detalhes que foram omitidos na execução do item (ii) e, esclarecer as inconsistências das demais alternativas, concluído dessa forma, que a aprendizagem daquele tópico foi significativa;
- (vi) O professor reforça os tópicos trabalhados através de uma discussão aberta com toda a turma;
- (vii) Aplicação de listas de problemas tiradas do próprio material didático usado pela turma. É importante destacar, que todos esses problemas abordam os tópicos explorados nas votações que os alunos executaram na aplicação de cada teste conceitual.

Geralmente, quando um professor repete os mesmos assuntos que trabalhou em anos anteriores, suas aulas são transcorridas com mais clareza, onde os conteúdos passam a ser ensinados de forma mais objetiva. Isso se deve ao fato de que o professor se encontra, naturalmente, bastante familiarizado com aqueles tópicos. É o que ocorre, até certo ponto, com os estudantes que se envolvem com a metodologia proposta pelo PI. Dessa forma, as leituras prévias de conteúdos que serão discutidas posteriormente, aliadas às discussões provocadas pelo professor em sala de aula, faz com que o estudante esteja cada vez mais familiarizado com o conteúdo e, assim, mais próximo da aprendizagem tão almejada (MAZUR, 2015, p.13).

Uma turma 100% participativa e completamente envolvida com os conteúdos ministrados seria o desejo de muitos professores, no entanto, a realidade é diferente. No que tange à aprendizagem, é comum que as turmas sejam heterogêneas, alunos que se envolvam com as discussões levantadas pelo professor contrastam com indiferenças de outros alunos, que demonstram pouco interesse pela aula, construindo um ambiente monótono para si. A metodologia PI, entre suas qualidades, destaca-se por convidar a turma, como um todo, a participar da aula. Nesse tipo de abordagem o aluno não só é estimulado à leitura de determinados assuntos como também é instigado a pensar e expor suas conclusões nas discussões abertas que participa (Mazur, 2015, p14).

### 3.4 Da construção dos testes

Os conteúdos trabalhados nesse trabalho foram desdobrados em blocos, de maneira que cada um ficou associado a um conjunto de testes conceituais, os quais, de modo objetivo, pudessem convidar os alunos a se envolverem de forma proativa no processo de ensino e aprendizagem desenvolvido em sala de aula. Desta forma, espera-se que o aluno possa compreender os conceitos físicos dos tópicos expostos através de cada teste conceitual. Assim, esses testes foram confeccionados nos termos especificados por Mazur, 2015, que define o seguinte:

- ✓ Cada teste conceitual deve focar um único conceito;
- ✓ Nenhum teste conceitual deve depender de equações para serem respondidos;
- ✓ A resposta de um teste conceitual deve estar entre alternativas de múltipla escolha;
- ✓ Cada teste conceitual deve ter apresentação clara, com apenas um sentido;
- ✓ Nenhum teste conceitual deve ser fácil demais;

Cada teste conceitual que foi introduzido no aplicativo Plickers, ficou na forma de um código específico, capaz de relacionar o assunto referente aos testes, assim como o bloco ao qual eles pertencem. Por exemplo, os testes conceituais construídos para explorar o mesmo assunto, têm seus códigos iniciados sempre com a mesma letra disposta em caixa alta. Como nesse trabalho foram abordados dois assuntos, optou-se em iniciar os códigos dos testes conceituais referentes ao primeiro assunto, com a letra A, enquanto que para os testes do segundo assunto, a letra B foi relacionada para iniciar os códigos. Se houvesse mais um assunto, seus códigos iniciariam com a letra C, e assim por diante. Portanto, os testes conceituais pertencentes ao primeiro bloco do primeiro assunto abordado, foram introduzidos com códigos sempre iniciados com A1 e, se pertencessem ao segundo bloco, teriam seus códigos iniciando com A2, para o terceiro bloco, o código de referência foi A3, e assim por diante. Caso os testes mencionados pertencessem ao segundo assunto explorado no trabalho, seus códigos seriam iniciados, respectivamente, por B1, B2 e B3.

Como a aplicação dos testes conceituais, segundo a metodologia IpC, segue uma sequência que evolui segundo o desempenho dos estudantes, deve-se sempre construir um



teste suplente para cada teste conceitual abordado. Esses testes adicionais serão lançados sempre que o percentual de acertos atingidos pelos estudantes for menor que 30%. Nesse momento o professor retoma a exposição do referido tópico, dispensando maior riqueza de detalhes, lançando mão de determinados recursos didáticos e, a partir de então, faz uso de um novo processo de votação em cima do teste suplente que, obrigatoriamente, deve concordar com o mesmo nível de aprendizagem do primeiro.

Nos anexos A e B estão dispostos os testes conceituais, construídos para essa metodologia, associados aos seus referidos códigos. Para o primeiro assunto, por exemplo, o primeiro teste conceitual do bloco 1 e seu respectivo suplente aparecem, respectivamente, com os códigos A1.1.a e A1.1.b. Para o segundo teste conceitual desse bloco vale o código A1.2.a, cujo suplente recebe o código A1.2.b. Todos os códigos iniciam com a letra “A”, sempre em caixa alta, fazendo referência à palavra bloco do primeiro assunto, enquanto o número que aparece em seguida indica o bloco ao qual o teste pertence, já o terceiro número que aparece em sequência é referente ao teste conceitual. O código sempre é finalizado com a letra “a” ou com a letra “b”, sempre em escritos em caixa baixa, as quais indicam, respectivamente, se o teste conceitual é o titular ou o suplente. Assim, o teste conceitual B3.7.b corresponde ao teste suplente do sétimo teste conceitual, pertencente ao bloco 3, do segundo assunto abordado.

Para serem expostos aos alunos, os testes conceituais foram redigidos por extenso no programa PowerPoint, sempre associados aos seus referidos códigos, obedecendo a uma sequência numérica crescente como aparece nos apêndices C e D, para o primeiro e segundo assunto, respectivamente. Associado ao uso de um projetor de imagens (*datashow*), todos os alunos tiveram a oportunidade de analisar simultaneamente todos os testes conceituais. Assim, eles puderam eleger dentro de determinado intervalo de tempo apenas uma alternativa como correta que, na ocasião, foram estipulados entre um minuto e meio e dois minutos para a aplicação de cada teste conceitual.

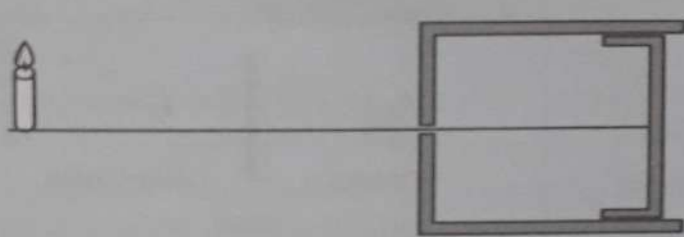
### **3.5 Da aplicação de problemas quantitativos**

Depois de submetidos à aplicação da metodologia PI, cada estudante ficou com a tarefa de resolver determinados problemas em sala de aula, que obrigatoriamente teriam que estar associados a algum teste conceitual que foi aplicado junto a sua classe. Todos esses

problemas foram selecionados do material didático, BSE, utilizado pela escola CEJK. Por meio desse processo, o estudante que conseguir se envolver em todas as etapas propostas pelo método PI, poderá relacionar as interpretações quantitativas do cálculo que desenvolver com determinado teste conceitual analisado anteriormente. A figura 3.27 expõe um problema que foi analisado e resolvido pelos alunos em sala de aula. O referido problema trata de uma câmara escura de comprimento variável, o que possibilita relacionar a proporção desse comprimento com a distância que um objeto é colocado diante do orifício da câmara.

**Figura 3.27 – Problema formulado pela Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. Este problema foi implementado pelo BSE como exercício proposto.**

**21.** (UFSCar-SP) A 1 metro da parte frontal de uma câmara escura de orifício, uma vela de comprimento 20 cm projeta na parede oposta da câmara uma imagem de 4 cm de altura.



A câmara permite que a parede onde é projetada a imagem seja movida, aproximando-se ou afastando-se do orifício. Se o mesmo objeto for colocado a 50 cm do orifício, para que a imagem obtida no fundo da câmara tenha o mesmo tamanho da anterior, 4 cm, a distância que deve ser deslocado o fundo da câmara, relativamente à sua posição original, em cm, é de

A) 50.  
 B) 40.  
 C) 20.  
 D) 10.  
 E) 5.

Fonte: Sistema de Ensino Bernoulli. 2ª série (E.M), vol. 1. Questão 21, pag. 76, ano de 2018.

Esse problema pode ser associado ao teste conceitual A4.2a, cujo processo de aplicação – que envolve leituras extra classe indicada pelo professor, exposição do tema pelo professor, e análise do teste pelo aluno – disponibilizou ao aluno o entendimento de conceitos a cerca de câmara escura, como a relação inversamente proporcional entre a altura da imagem conjugada pela câmara, a partir de um objeto, com a distância que separa o objeto do

orifício da câmara, também há a proporção direta entre essa mesma altura com o comprimento da câmara.

Do enunciado do problema da Figura 3.27, o aluno teria que realizar dois cálculos a partir da relação matemática de razão e proporção entre a altura do objeto ( $o$ ), distância do objeto à câmara ( $p$ ), altura da imagem ( $i$ ) e comprimento da câmara ( $P'$ ); estabelecida da seguinte forma:  $\frac{o}{p} = \frac{i}{P'}$ .

Primeiramente, a partir dos dados iniciais indicados no problema, o aluno teria que calcular o comprimento da câmara para a condição inicial. Posteriormente, a partir da mesma relação matemática, o aluno teria que encontrar o novo comprimento da câmara associado à posição que a parede móvel é colocada. De posse dos dois valores, bastaria fazer a diferença entre eles.

Uma boa interpretação para os cálculos necessários à solução desse problema seria o aluno perceber que quando a distância entre a câmara e o objeto é diminuída, basta diminuir o comprimento da câmara em certa proporção, que a altura da imagem não é alterada. Isso evidencia que essas grandezas que foram alteradas, são diretamente proporcionais. O aluno que tenha se envolvido de forma proativa na interpretação dos conceitos associados ao teste conceitual A4.2.a, teria facilidade em compreender qualitativamente o problema citado.

Se esse estudante estava habituado a resolver problemas sem considerar seus significados físicos, terá a oportunidade de rever suas práticas, e assim, reformulá-las para uma compreensão mais ampla, ao lançar mão de uma expressão matemática. Assim, o modelo mecânico de resolver problemas pode ser substituído por um processo mais significativo, em que as compreensões físicas dos problemas são consideradas.

## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Durante o desenvolvimento desse trabalho tive duas oportunidades para testar a metodologia PI. Com o uso do aplicativo Plickers foram coletados todos os resultados das votações efetivadas por cada aluno a cerca dos testes conceituais. Para os resultados de cada um desses testes foi construído um gráfico correspondente aos seus percentuais de acerto e erro, a partir do qual, as discussões realizadas em sala de aula estarão sendo retratadas. Assim, à luz do modelo de ensino proposto por Mazur, teremos condições de avaliar a existência de indicadores de aprendizagem através desses resultados coletados, como por exemplo, o aluno migrar de uma alternativa incorreta para a correta de determinado teste conceitual.

#### **4.1 Primeiro encontro**

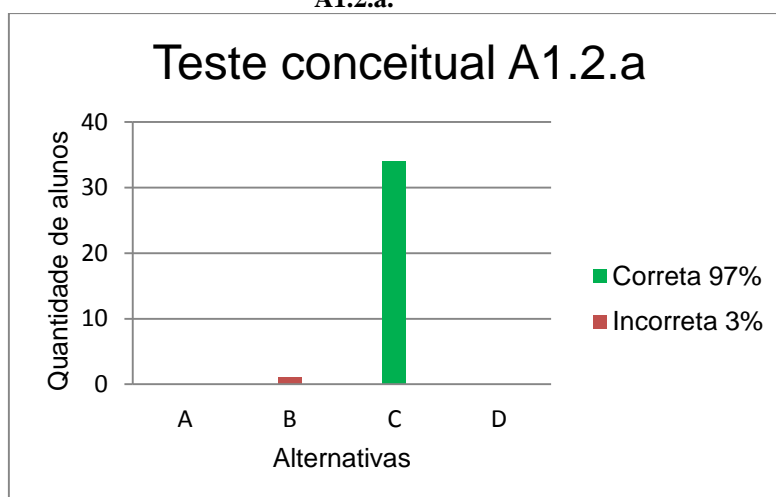
Dos 43 alunos, 37 se fizeram presente na primeira aplicação, por meio da qual foi levado à turma abordagens de conteúdos explorados pelos assuntos: princípios da óptica associados à reflexão da luz. Todos os códigos dos testes conceituais empregados nessa etapa são iniciados com a letra A, sempre em caixa alta (Apêndice A). A entender que a radiação luminosa é o elemento principal no estudo da Óptica, o primeiro teste se propôs a abordar a natureza eletromagnética da luz, buscando o consenso da turma para o entendimento de que a luz é constituída de campos elétrico e magnético, que oscilam incessantemente ao longo de sua propagação. Os demais testes fazem abordagens semelhantes, sempre introduzindo um tópico específico dos assuntos apresentados através dessa primeira aplicação, tais como: tipos de fontes de luz, formação de cores, cores vistas no céu em diferentes momentos do dia, independência dos raios de luz, reversibilidade dos raios de luz, propagação retilínea da luz, câmara escura, formações de sombras e penumbras, eclipses solares e lunares, fases da Lua, leis da reflexão, espelhos planos e espelhos esféricos.

Para a exploração desses conteúdos foram construídos 36 testes conceituais, porém somente 19 foram utilizados, os quais foram introduzidos após breves exposições associadas aos tópicos relacionados a cada um deles. Todos esses testes conceituais estão dispostos no

apêndice A, cujos resultados foram agrupados segundo os percentuais de acertos estabelecidos pela metodologia PI. Estão sendo mostrados primeiramente os resultados dos testes com acertos acima de 70%. Tivemos 14 resultados que se encaixaram dentro dessa margem, apresentados com os seguintes códigos: A1.2.a, A2.1.a, A3.1.a, A3.2.a, A4.1.a, A4.2.a, A4.3.a, A4.4.a, A5.1.a, A6.1.a, A6.2.a, A6.4.a, A7.1.a e A7.3.a. Depois de concluída cada votação e constatado a margem de acertos, foi retomada a exposição de apresentação do tópico que antecedeu a aplicação do teste conceitual, considerando muitas informações que haviam sido omitidas na primeira exposição, o que desencadeou uma série de contribuições por parte de alguns alunos em cima das discussões levantadas, potencializando suas aprendizagens.

O teste conceitual A1.2.a, questiona sobre o maior teor energético entre quatro radiações eletromagnéticas (Micro-ondas, Infravermelho, Ultravioleta e Luz). Para respondê-lo, o aluno teria que associar as quatro radiações com o espectro eletromagnético de radiação disposto em ordem crescente de energia. A alternativa C, associada à radiação Ultravioleta, foi a mais votada com uma preferência de 97% (alternativa correta), de maneira que os outros 3% foram direcionados para a alternativa b, radiação infravermelha. A Figura 4.1 mostra os resultados de votação desse teste conceitual.

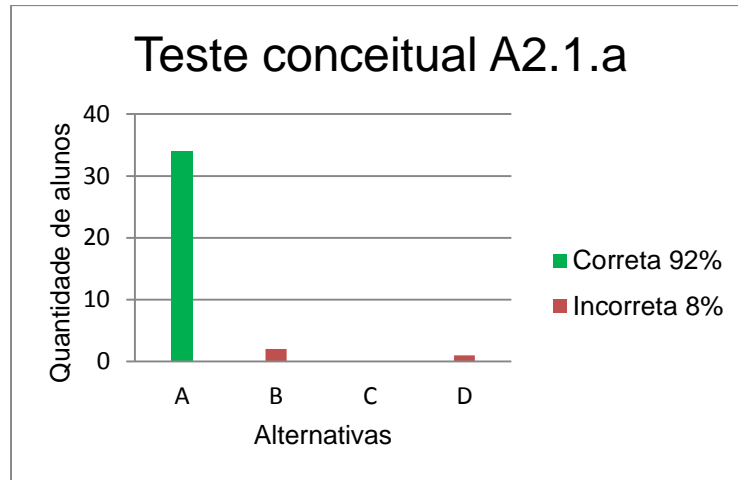
**Figura 4.1 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A1.2.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o teste conceitual A2.1.a, o aluno teria que associar conceitos de fontes de luz pontual ou extensa, como também, primária ou secundária. Conforme mostrado na Figura 4.2, quase 100% da turma se voltaram para a resposta correta, alternativa A.

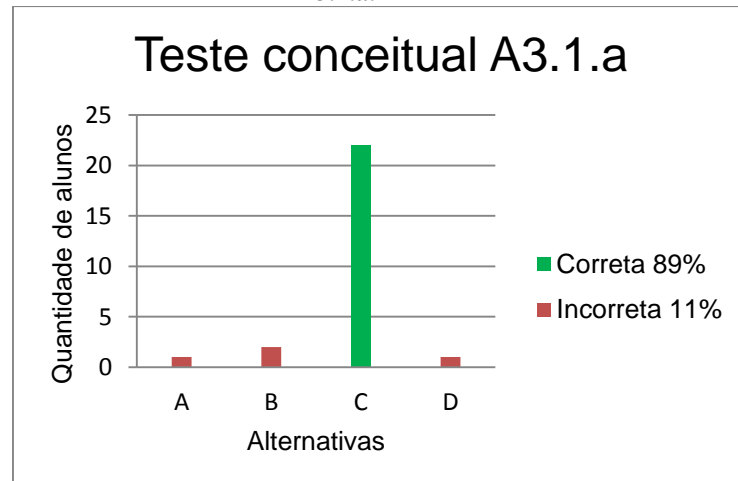
**Figura 4.2 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A2.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

O teste conceitual A3.1.a, trata da composição da luz branca pela adição das três cores primárias – vermelha, verde e azul. Conforme mostra a Figura 4.3, a maioria, 89% da turma, optou pela resposta correta, enquanto os demais ficaram distribuídos nas outras respostas.

**Figura 4.3 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A3.1.a.**

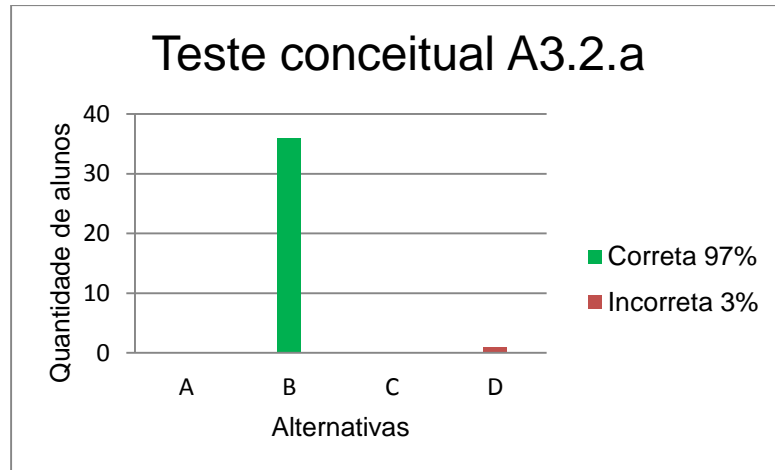


Fonte: Elaborado pelo autor

No teste conceitual A3.2.a, o aluno teria que definir a cor manifestada em uma toalha vermelha quando iluminada somente por uma luz monocromática azul. De todo quantitativo da turma, 97% optaram pela alternativa correta, letra B, que apontava a cor preta para a toalha. Porém, os 3% restante, aparam a cor magenta para a toalha, alternativa D (Figura 4.4). Depois de concluído o processo de votação indaguei aos alunos, que haviam se inclinado para a cor magenta, sobre a justificativa de suas escolhas. Todos eles interpretaram o teste como se fosse a combinação das cores primárias vermelha e azul, o que de fato resultaria na cor

magenta. Mas quando um objeto vermelho é iluminado apenas por luz azul, sua cor passa a ser observada na tonalidade do preto. Para essa pequena parte da turma, e talvez para outros mais, esse teste conceitual foi de grande valia para a distinção dos dois fenômenos mencionados.

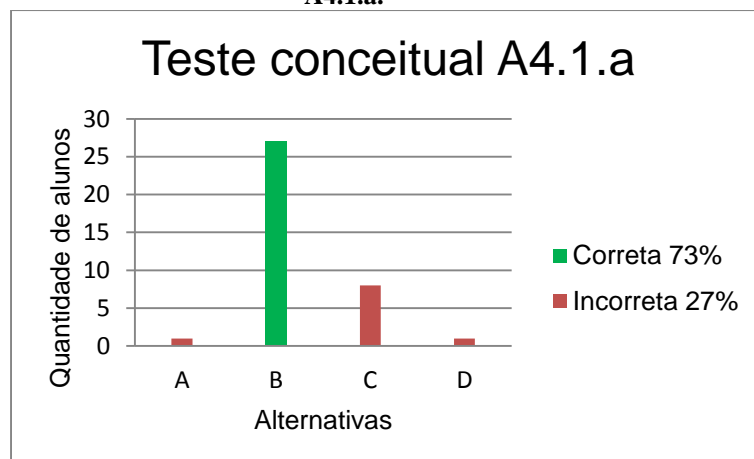
**Figura 4.4 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A3.2.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Para responder ao teste conceitual A4.1.a, o aluno teria que conceituar corretamente o princípio óptico conhecido como Princípio da Reversibilidade da Luz. O percentual de acertos, como mostrado na Figura 4.5, ficou bem próximo dos 70% (alternativa B) exigidos pela metodologia PI para caracterizar a aprendizagem como satisfatória. O restante dos votos, 27%, ficaram distribuídos entre as demais alternativas com destaque para a alternativa C.

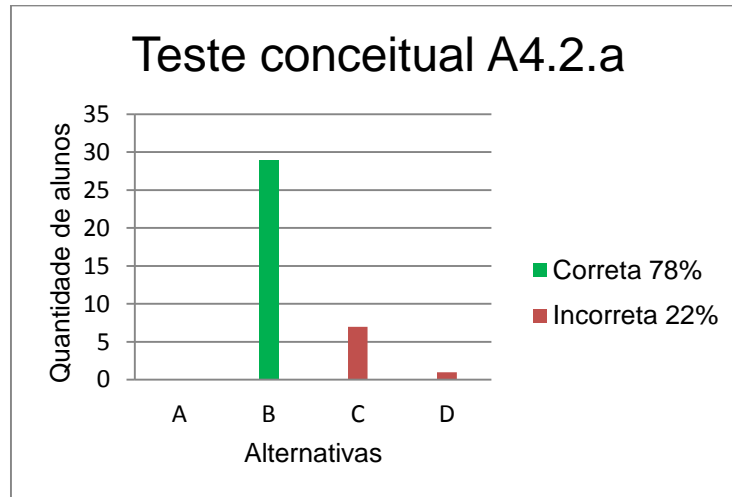
**Figura 4.5 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A4.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4.6 nos mostra o resultado das votações feitas para o teste conceitual A4.2a. Nesse teste foi explorado o conceito de câmara escura, onde o aluno teria que caracterizar corretamente o tamanho e a orientação da imagem conjugada pela câmara a partir de um objeto colocado a certa distância de seu orifício.

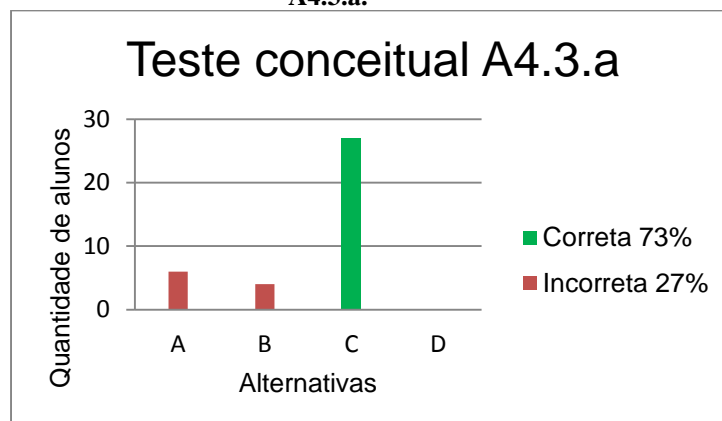
**Figura 4.6 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A4.2.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Foram 73% na alternativa correta, letra C, contra 27% nas alternativas A e B, nas votações para o teste conceitual A3.3a, como mostra a Figura 4.7. Os conceitos explorados nesse teste foram os de sombra e penumbra, cujas discussões levantadas retomaram os conceitos de fontes de luz primária e secundária, já explorados anteriormente.

**Figura 4.7 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A4.3.a.**

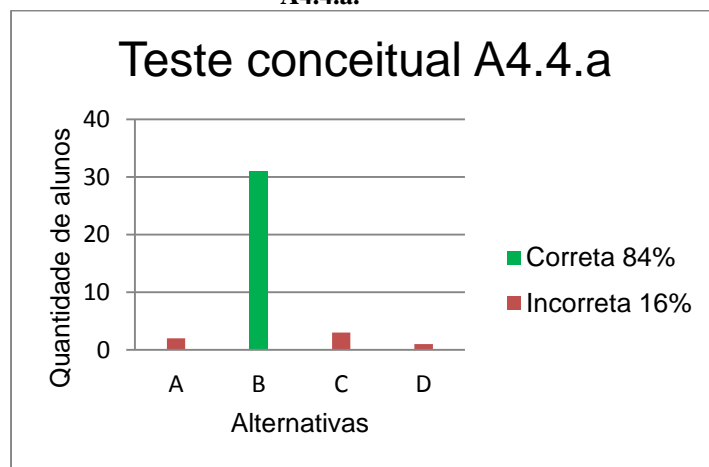


Fonte: Elaborado pelo autor



O teste conceitual A4.4.a, veio abordando o conceito de eclipse total do Sol, no qual obtivemos 84% dos votos na alternativa correta, letra B, a qual destaca a região da Terra onde um observador deve se posicionar para presenciar tal fenômeno. Dentre as discussões surgidas durante a exposição conceitual do fenômeno, tivemos o conceito de Lua Nova – fase Lunar atuante no eclipse total do Sol – além da retomada dos conceitos de sombra e penumbra abordados no teste conceitual A3.3.a. O resultado das votações do teste A4.4.a, encontra-se expresso na Figura 4.8.

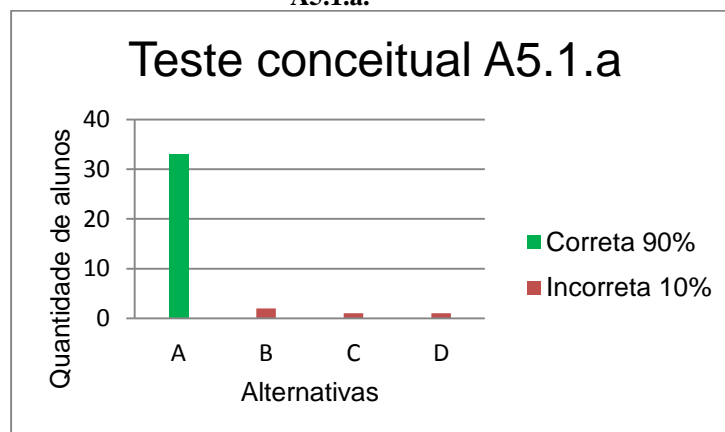
**Figura 4.8 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A4.4.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4.9 nos fornece os percentuais de votos atribuídos ao teste conceitual A5.1.a, o qual aborda as definições das fases da Lua. Ao analisarem esse teste, 90% dos alunos concordaram com a alternativa correta.

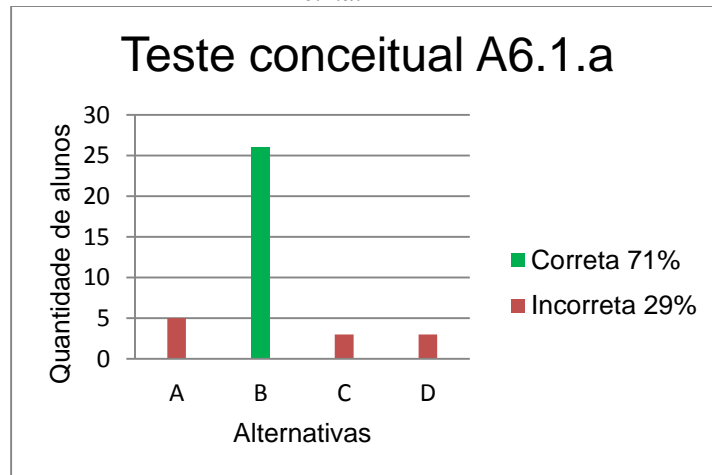
**Figura 4.9 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A5.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o teste conceitual A6.1.a, a Figura 4.10 mostra que 71% da turma se posicionaram a favor da resposta correta, já os 29% restante ficaram distribuídos nas outras opções. Esse teste explora a segunda lei da reflexão.

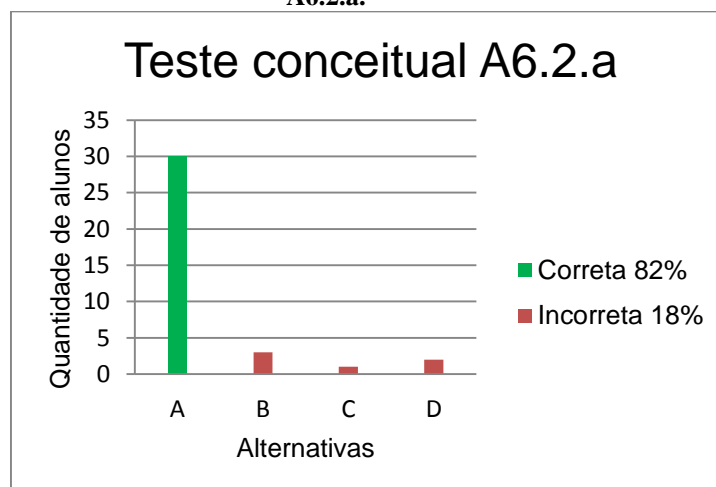
**Figura 4.10 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A6.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Depois de analisarem as propriedades uma imagem de um objeto conjugada a partir de um espelho plano, os alunos foram submetidos ao teste conceitual A6.2.a. A Figura 4.11 mostra que 82% da turma entendeu que a alternativa A foi a resposta correta para o teste, que associava uma imagem enantiomorfa e simétrica ao objeto em relação ao espelho.

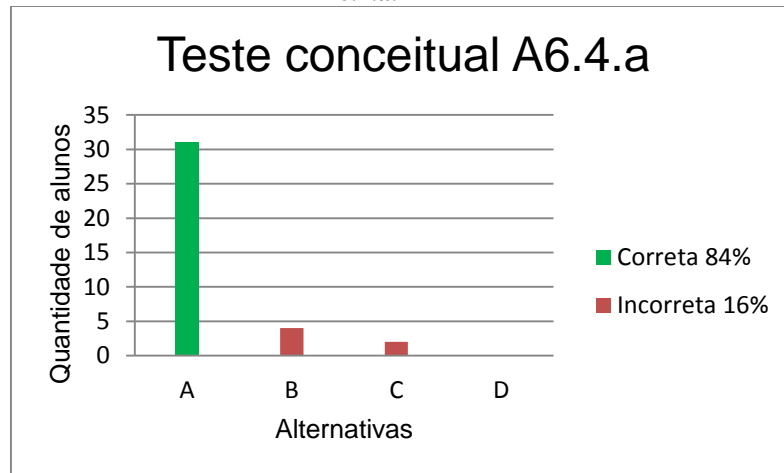
**Figura 4.11 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A6.2.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

O teste conceitual A6.4.a tem seu resultado impresso na figura 4.12, onde 84% dos votos fora na resposta correta. O conceito explorado nesse teste é o de translação de espelho plano.

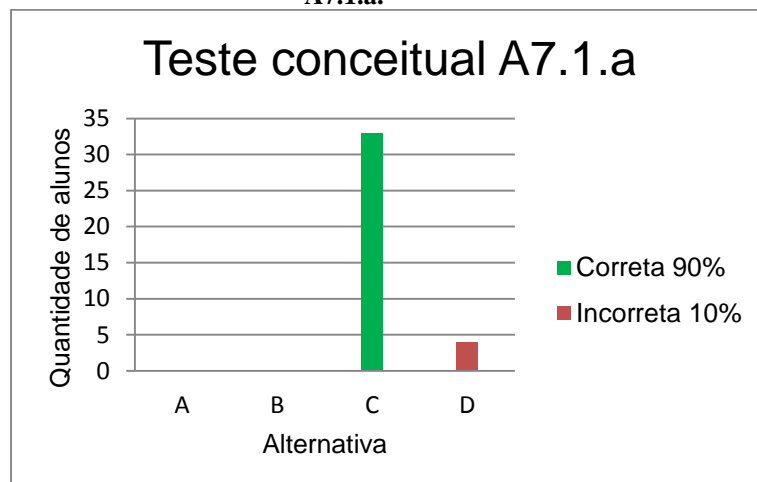
**Figura 4.12 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A6.4.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 4.13 encontramos o resultado para o teste conceitual A7.1.a, onde são exploradas as características da imagem conjugada de um objeto por um espelho esférico côncavo quando este encontra-se posicionado entre o centro de curvatura e o foco principal do espelho. Foram 90% dos votos na resposta correta, alternativa C, enquanto os outros 10% foram direcionados somente para a alternativa D.

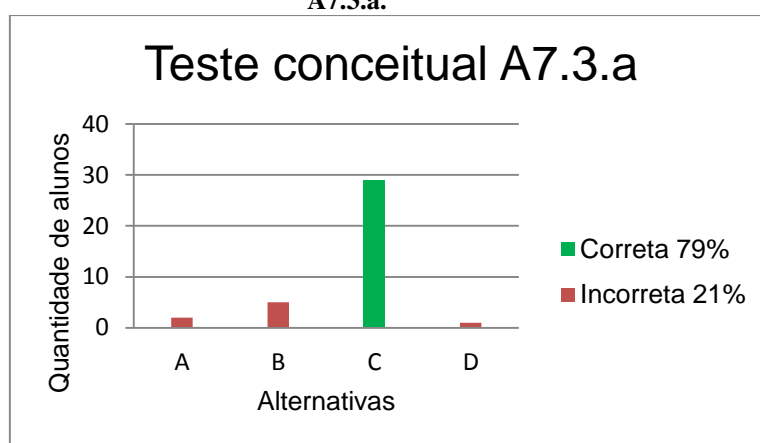
**Figura 4.13 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A7.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio da Figura 4.14 podemos analisar o resultado das votações associadas ao teste conceitual A7.3.a, no qual a margem de acertos foi de 79%, e 21% ficaram distribuídos nas outras alternativas. Para responder a esse teste os alunos teriam que comparar duas imagens conjugadas de um mesmo objeto, sendo que uma delas por um espelho esférico côncavo, e a outra por um espelho esférico convexo.

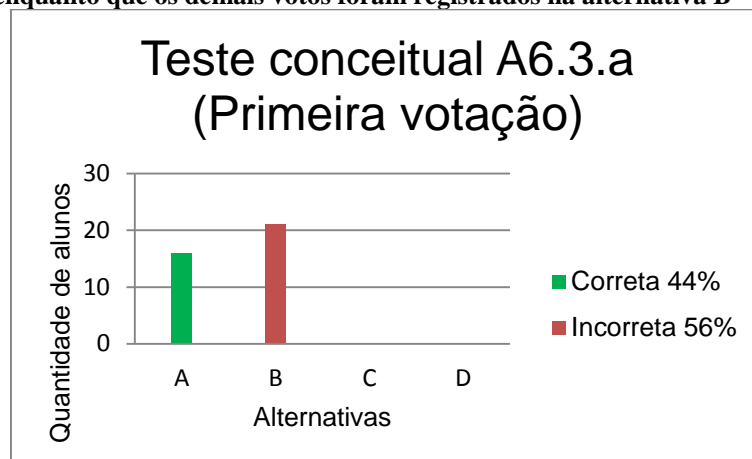
**Figura 4.14 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual A7.3.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a metodologia PI, o protagonismo dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem se torna mais evidente quando, após analisarem determinado teste conceitual, a margem de acertos atingida por eles fica compreendida no intervalo entre 30% e 70% (MULLER, *et al*, 2017). Dos testes conceituais aplicados nessa primeira fase, apenas o teste A6.3.a ficou dentro desse intervalo. A Figura 4.15 nos informa que a quantidade de votos na alternativa correta (letra A) foi de 44 %, sendo que os outros 56% foram canalizados apenas para a alternativa B. O teste conceitual A6.3.a leva aos alunos as definições de translação de espelho plano, fazendo a associação da velocidade da imagem conjugada de um objeto pelo espelho com a velocidade do objeto, quando este é deslocado. A alternativa A desse teste diz que a velocidade da imagem teria o mesmo módulo da velocidade do objeto. Sabemos que isso de fato é verdade; porém, a velocidade da imagem corresponde ao dobro da velocidade do espelho, caso este seja deslocado, o que está em conformidade com a alternativa B.

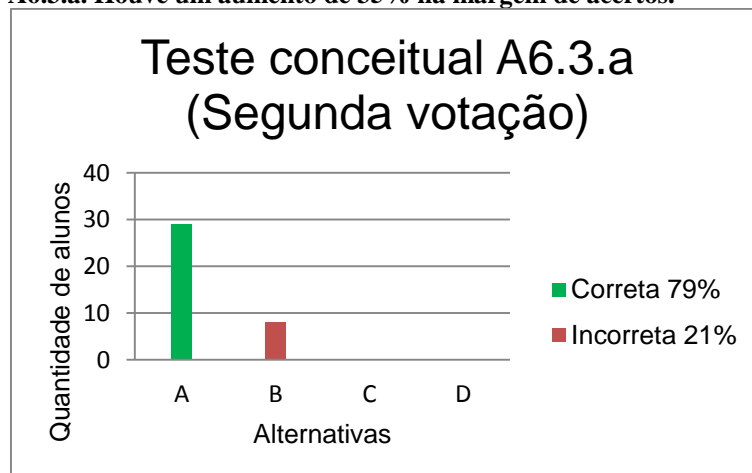
**Figura 4.15 – Primeira votação ao teste A6.3.a. Foram registrados 44% de acertos (alternativa A), enquanto que os demais votos foram registrados na alternativa B**



Fonte: Elaborado pelo autor

Encerradas as votações, foi informado aos alunos o percentual de acertos, sendo omitida a alternativa correta, vetando a eles a informação de que se houve ou não êxito em suas análises individuais, conforme recomenda a metodologia PI. Em seguida foi recomentado aos alunos que formassem grupos com três integrantes. Assim, eles tiveram a oportunidade de discutirem suas análises prévias, podendo, através de argumentos, persuadir seus colegas de grupo a migrarem de alternativa. Essa fase decorreu em um intervalo de tempo de aproximadamente 3 minutos. Depois disso, o mesmo teste conceitual foi colocado novamente em votação, resultando no gráfico da Figura 4.16, a partir do qual pode ser verificado que o percentual de acertos subiu para 79%.

**Figura 4.16 – Gráfico correspondente ao resultado da segunda votação do teste conceitual A6.3.a. Houve um aumento de 35% na margem de acertos.**



fonte: Elaborado pelo autor

Comparando os resultados das duas votações efetuadas para o teste conceitual A6.3.a, podemos constatar que houveram mais alunos migrando para a alternativa correta do que para alguma das alternativas incorretas, revelando que a ação das discussões em grupo surtiu o efeito desejado. Mais do que ver os alunos convergir para alternativa correta, foi observar o engajamento deles ao longo das discussões construídas em grupo. Esse envolvimento contribuiu para uma mudança de postura nas atividades seguintes, em que alunos que se mostravam indiferentes às discussões levantadas em sala de aula, passaram a desempenhar uma participação mais efetiva. A Figura 4.17 é uma fotografia do momento em que os alunos discutiram em grupo a solução do teste conceitual A6.3.a.

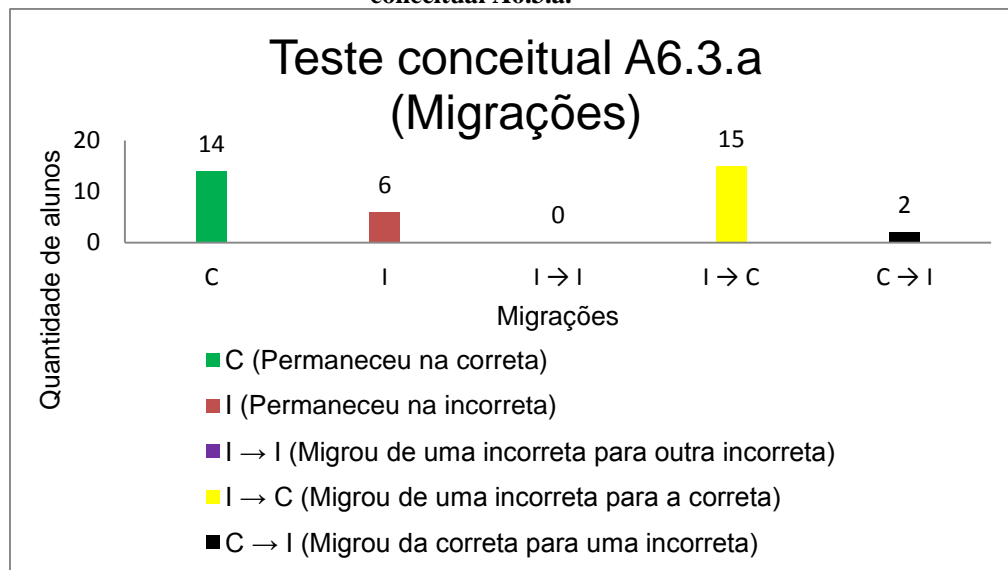
**Figura 4.17 – Os alunos discutem em grupo a solução do teste conceitual A6.3.a antes da segunda votação.**



Fonte: Elaborado pelo autor

De posse dos resultados das duas votações, foi possível agrupar no gráfico da Figura 4.18 a quantidade de alunos que migraram de alternativa, e a quantidade dos que resolveram permanecer na mesma alternativa. Na primeira votação, apenas 16 alunos haviam votado na alternativa correta (alternativa A), e os outros 21 optaram pela alternativa B. Já na segunda votação, apareceram 29 votos na alternativa A, e apenas 8 na alternativa B, mostrando-nos que 14 alunos permaneceram na alternativa correta, 6 alunos continuaram em uma das alternativas incorretas, 15 alunos migraram para a alternativa correta e apenas 2 alunos migraram da alternativa correta para uma das incorretas (alternativa B nesse caso). Em ambas as votações não houve registro de votos nas alternativas C ou D.

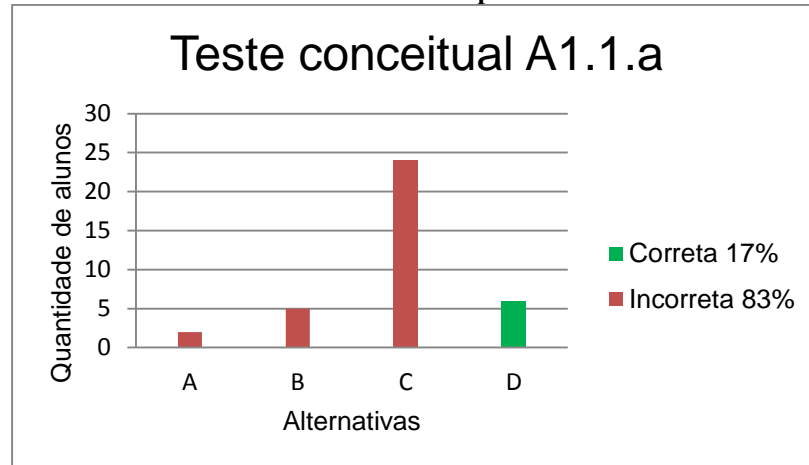
**Figura 4.18 – Migrações dos votos dos alunos entre a primeira e segunda votação do teste conceitual A6.3.a.**



No que tange aos testes conceituais cujos percentuais de acertos ficaram abaixo de 30%, temos os casos dos testes de códigos A1.1.a e A3.3.a, de modo que, após a constatação das margens de acertos dos dois testes e para que não se fugisse do dinamismo do método PI, o resultado foi revelado aos alunos e em seguida, foi reformulada a exposição introdutória que antecedeu a aplicação do teste conceitual, sendo apresentada com mais detalhamento, constando também de abordagens de imagens mostradas em slides. Depois de concluída a segunda exposição, outro teste conceitual, relacionado ao mesmo tópico que foi abordado pelo primeiro, e com o mesmo grau de dificuldade, foi lançado.

O teste conceitual A1.1.a, foi empregado com o intuito de explorar a natureza eletromagnética da luz. Na análise desse teste a turma obteve somente 17% de acertos, alternativa D, a qual atribui a propagação da luz a campos elétricos e magnéticos alternados e variantes. Os outros 83% ficaram distribuídos entre as demais alternativas, sendo a letra C a alternativa mais votada, a qual defende que a luz se propaga por meio de campos elétricos e magnéticos alternados e constantes. O gráfico da Figura 4.19 informa esses valores percentuais.

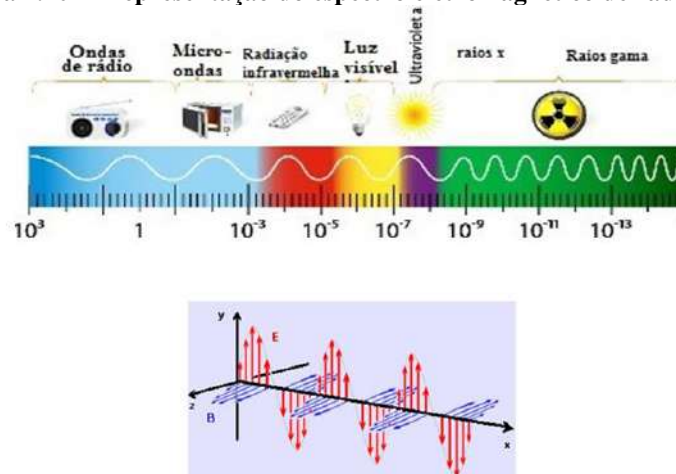
Figura 4.19 – Resultado do teste conceitual A1.1.a. Apenas 17% de votos na alternativa correta.



Fonte: Elaborado pelo autor

Depois de tomarem conhecimento do resultado, os alunos foram levados a revisitar o tópico abordado pelo referido teste conceitual através de uma reexposição da explanação que havia introduzido o teste. As imagens que aparecem nas Figuras 4.20 e 4.21 foram empregadas como recursos ilustrativos de uma onda eletromagnética, já que o teste conceitual A1.1.a, trata exatamente da natureza da luz como onda eletromagnética. A primeira imagem faz referência ao espectro de radiações eletromagnéticas constituídas por campos elétrico e magnético, já a última, destaca as oscilações ininterruptas desses campos. Nessa segunda explanação, feita pelo professor, as discussões foram conduzidas para um nível mais esclarecedor, de forma a expor todos os detalhes do tópico. Nesse momento foi possível dialogar com alguns alunos sobre as definições que eles construíram previamente, dando-lhes a oportunidade de reformulá-las ou ajustá-las, ou ainda, confirmá-las.

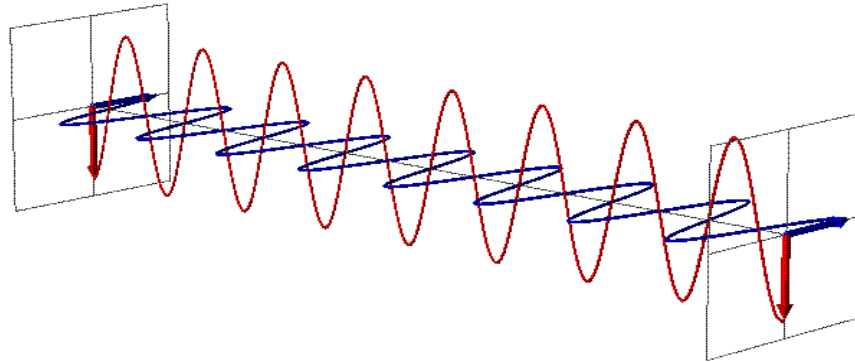
Figura 4.20 – Representação do espectro eletromagnético de radiações.



Fonte: Adaptado de - [mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm](http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm)



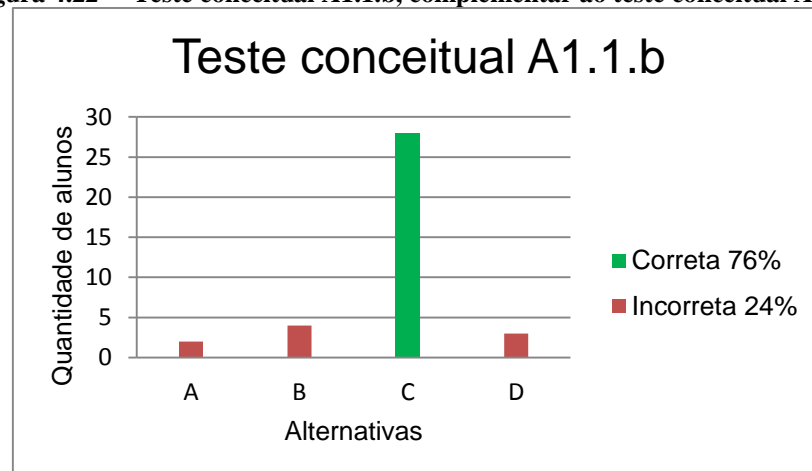
**Figura 4.21 – Representação das oscilações dos campos elétricos e magnéticos que constituem uma onda eletromagnética.**



Fonte: giphy.com/gifs/rh1-RxpRsEh3Ts9Pi

Depois de todos os esclarecimentos e concluídas as contribuições dos estudantes que foram provocadas pelo professor, o teste conceitual A1.1.b (complementar ao teste conceitual A1.1.a) foi lançado à turma, tratando também sobre a natureza eletromagnética. O efeito do teste era de provocar nos estudantes o resultado de um campo magnético oscilante. O resultado dessa segunda votação atingiu as expectativas esperadas para um nível de entendimento significativo, com 76% de votos na alternativa correta (letra C), conforme retratado pelo gráfico da Figura 4.22.

**Figura 4.22 – Teste conceitual A1.1.b, complementar ao teste conceitual A1.1.a.**

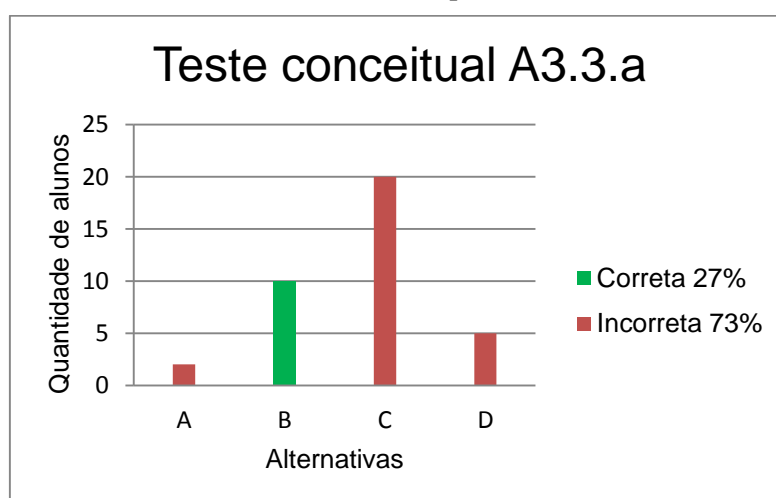


Fonte: Elaborado pelo autor

O teste conceitual A3.3.a, convida o aluno a refletir sobre a justificativa da cor azulada que o Céu apresenta em determinadas horas do dia. Do processo de votação, o maior número

de votos aconteceu para a alternativa C, a qual afirma que a luz do Sol seria absorvida em todos os seus comprimentos de onda ao incidir na atmosfera terrestre, exceto no azul. No entanto, a resposta correta seria o fato das moléculas que constituem a atmosfera terrestre serem pequenas o suficiente para espalharem luz de pequenos comprimentos de ondas, o que está de acordo com o que se coloca na alternativa B. Porém para esta alternativa tivemos somente 27% do total de votos, como aparece descrito no gráfico da Figura 4.23.

**Figura 4.23 – Resultado do teste conceitual A3.3.a. Apenas 27% de votos na alternativa correta**



Fonte: Elaborado pelo autor

Então, após ser revelado o resultado, a exemplo do procedimento desenvolvido para o resultado do teste A1.1.a, foi realizada uma nova exposição, destacando elementos esclarecedores para o entendimento do conteúdo relacionado ao teste A3.3.a. Para iniciar essa discussão foi abordada a imagem da Figura 4.24, a qual ilustra o espalhamento da luz azul pela atmosfera terrestre no momento em que é incidida pela luz solar. Novamente o aluno foi provocado no sentido de dar suas contribuições ao longo das definições expostas, o que veio a enriquecer bastante a discussão em curso.

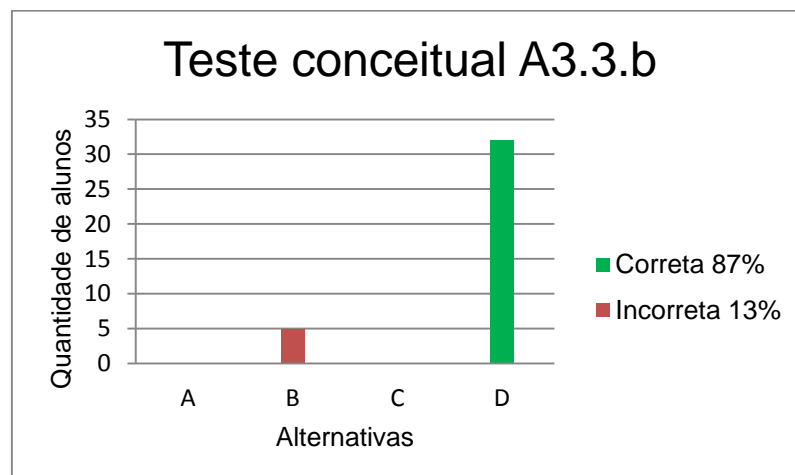
Figura 4.24 – Espalhamento da luz azul pela atmosfera terrestre a partir da luz solar.



Fonte: [www.resumoescolar.com.br/fisica/por-que-o-ceu-e-azul](http://www.resumoescolar.com.br/fisica/por-que-o-ceu-e-azul)

As participações dos alunos, ocorridas nas situações citadas, nos possibilitou ajustar o curso das discussões para um maior aproveitamento das exposições desenvolvidas, para que assim, a compreensão dos conteúdos abordados pudesse alcançar o máximo de alunos. Dessa forma, quando o teste conceitual complementar, A3.3.b, foi colocado em votação, a turma atingiu um percentual de acerto acima do esperado. Esse teste exigia dos alunos uma justificativa para a cor avermelhada que vemos no Céu ao amanhecer e ao fim do dia. Foram 87% de votos na afirmação correta, alternativa D, a qual justificou essa ocorrência através do longo caminho que a luz faz nesses horários, de modo que toda luminosidade azul acaba sendo espalhada ao longo desse percurso. Todo restante dos votos, apenas 5, foram direcionados à alternativa B, a qual faz uma justificativa semelhante à alternativa D, no entanto, a quantidade de luz azul espalhada é minimizada. O gráfico mostrado na Figura 4.25 apresenta o novo desempenho da turma.

Figura 4.25 – Resultado do teste conceitual A3.3.b, complementar ao teste conceitual A3.3.a.



Fonte: Elaborado pelo autor

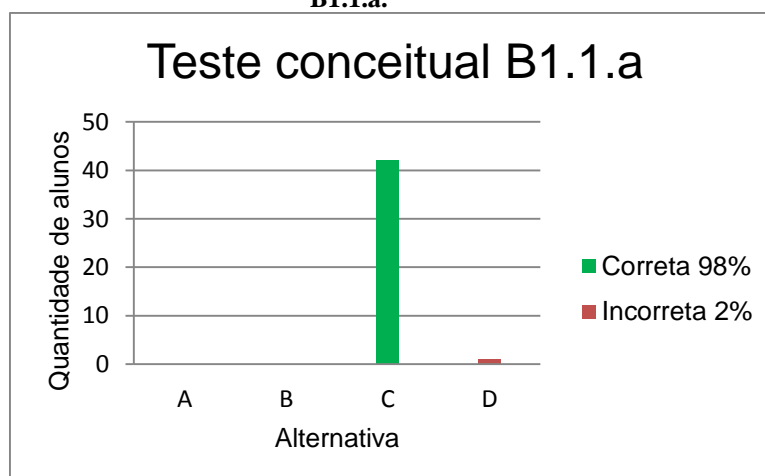
## 4.2 Segundo encontro

Para o segundo encontro, conseguimos a presença de todos os 43 alunos que compõem a turma. Os testes conceituais utilizados para o desenvolvimento dessa etapa têm os códigos iniciados pela letra B, e estão disponibilizados no apêndice B. Esses testes foram elaborados para levar aos alunos conceitos e definições do assunto Defeitos da Visão, um dos desdobramentos da Óptica Geométrica. Cada teste empregado se relacionou com um tópico do assunto explorado, tais como: globo ocular e seus elementos, intervalo de acomodação visual, anomalias visuais (miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo), além de relacionar as lentes corretivas para cada um desses defeitos da visão.

Desses testes conceituais, a partir das análises dos alunos, muitos tiveram registros de votos acima da margem mínima de acertos (70%) para que fossem considerados como indicadores de aprendizagem sobre os conteúdos que eles abordaram. Os testes conceituais B1.1.a, B1.2.a, B2.1.a, B3.1.a, B3.2.a, B3.3.a, B4.1.a, B4.2.a, B4.3.a, B5.2.a, B6.1.a e B7.1.a, retratados nas Figuras enumeradas respectivamente na sequência de 4.26 a 4.37, se enquadram nesse intervalo de acertos, com destaque para os testes de códigos B1.2.a, B4.1.a, B4.3.a e B6.1.a, sobre os quais o aproveitamento da turma foi de 100%.

Na análise do teste conceitual B1.1.a, os alunos tiveram a oportunidade de fixar os conceitos dos sistema converte córnea-cristalino do olho humano. O gráfico da Figura 4.26 nos firma que houve 98% na opção correta, de maneira que os 2% restantes foram na alternativa D, que associou a íris ao sistema convergente do globo ocular humano.

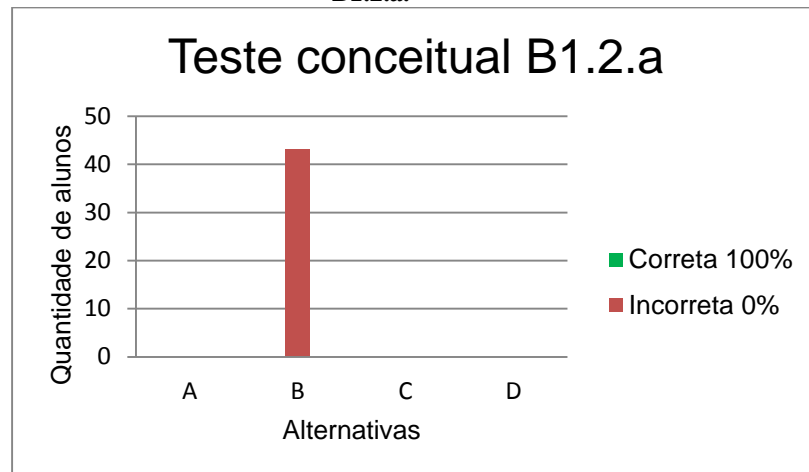
**Figura 4.26 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B1.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o teste conceitual B1.2.a, o aluno teria que reconhecer a retina como o elemento onde deve ser projetada as imagens dos objetos que vemos. O processo de votação possibilitou a construção do gráfico da Figura 4.27, onde podemos verificar que absolutamente todos os alunos concordaram com a alternativa correta, letra B.

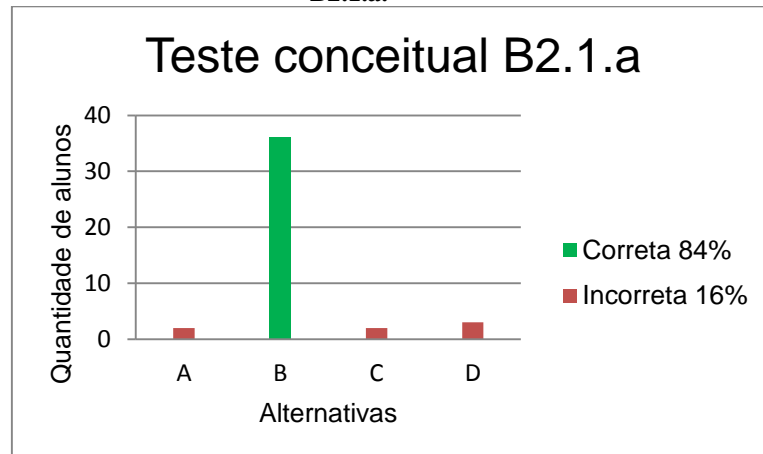
**Figura 4.27 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B1.2.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 4.28 mostra o resultado das votações ao teste conceitual B2.1.a, a partir do qual o aluno poderia analisar o intervalo de acomodação visual definido entre os pontos próximo e remoto. A alternativa B, tida como a única correta, foi a que recebeu a maioria dos votos, 84%. Essa alternativa revela-se como correta ao definir a distância do ponto próximo ao olho como o menor intervalo que se pode posicionar um objeto e ainda sim resultar em uma imagem nítida na retina. Para uma situação como essa, ocorre o máximo de esforço visual por parte do observador, pois os músculos ciliares promovem o máximo de compressão no cristalino para resultar na acomodação visual desejada. Os demais votos ficaram distribuídos entre as demais alternativas, conforme aparece no gráfico da Figura 4.28.

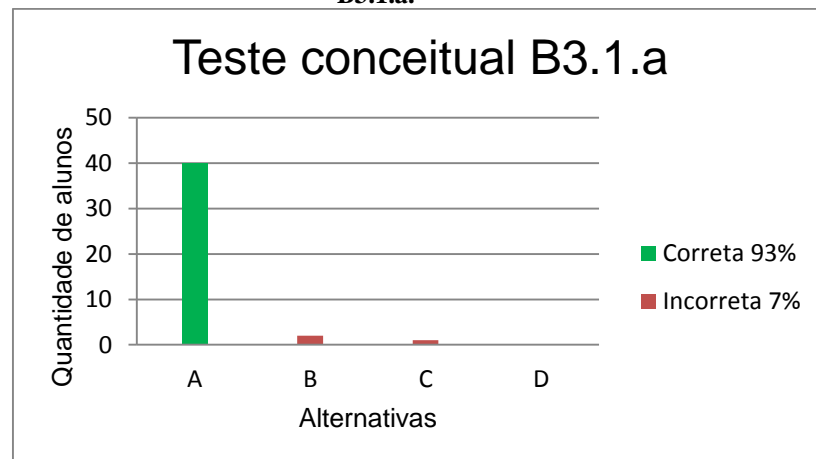
**Figura 4.28 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B2.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

O teste conceitual B3.1.a, submeteu os alunos às definições das anomalias visuais, sendo que foi construído em torno da miopia. Do processo de votação, foram 93% na resposta correta (alternativa A), conforme mostra o gráfico da Figura 4.29.

**Figura 4.29 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B3.1.a.**

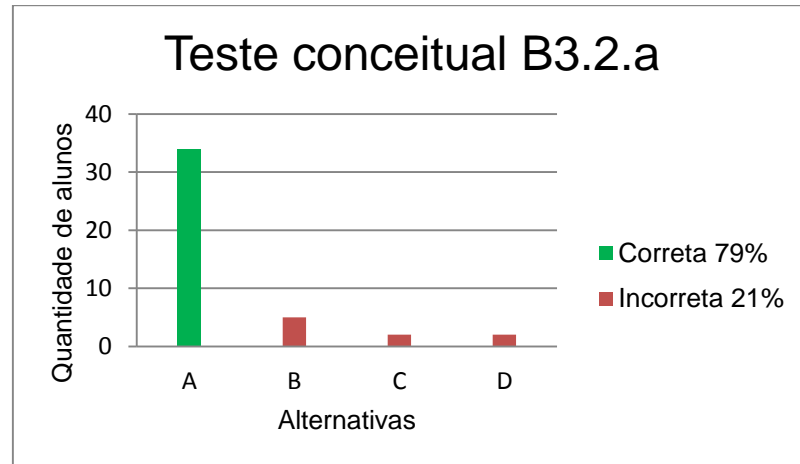


Fonte: Elaborado pelo autor

No gráfico da Figura 4.30, encontramos os resultados das votações realizadas para o teste conceitual B3.2.a. Para responder corretamente a esse teste, o aluno teria que apontar, entre as alternativas, uma das causas para a ocorrência da miopia. A única resposta condizente estava na alternativa A, que relacionou essa anomalia à convergência exagerada do sistema

córnea-cristalino. O quantitativo de votos nessa alternativa beirou os 80%, de maneira que os demais votos ficaram entre as alternativas restantes.

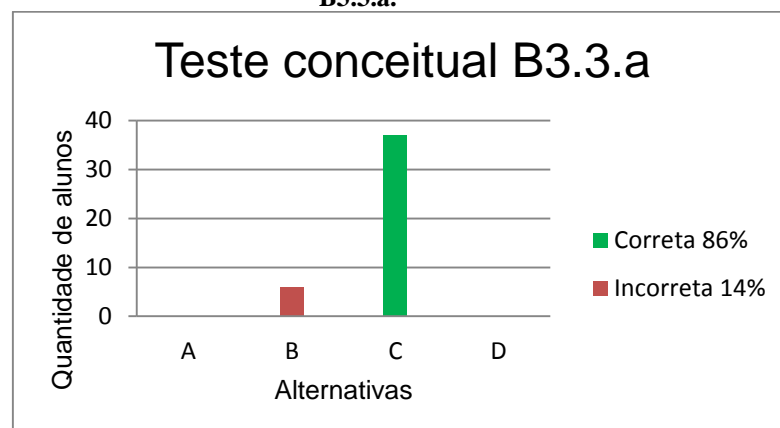
**Figura 4.30 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B3.2.a**



Fonte: Elaborado pelo autor

O teste conceitual B3.3a, foi introduzido para provocar o aluno quanto as características presentes em uma pessoa portadora de miopia. A Figura 4.31 revela, por meio de gráfico, o resultado das votações para esse teste. A alternativa C, com 86% de preferência, foi a mais votada. Essa alternativa se mostrou como verdadeira por colocar o ponto remoto de uma pessoa míope numa posição finita. Os 14% dos votos restantes foram concentrados na alternativa B, a qual relaciona o ponto próximo de uma pessoa míope a uma posição superior ao ponto determinado como padrão para uma pessoa de visão normal. Ora, essa justificativa se enquadra para uma pessoa que apresente hipermetropia, e não miopia.

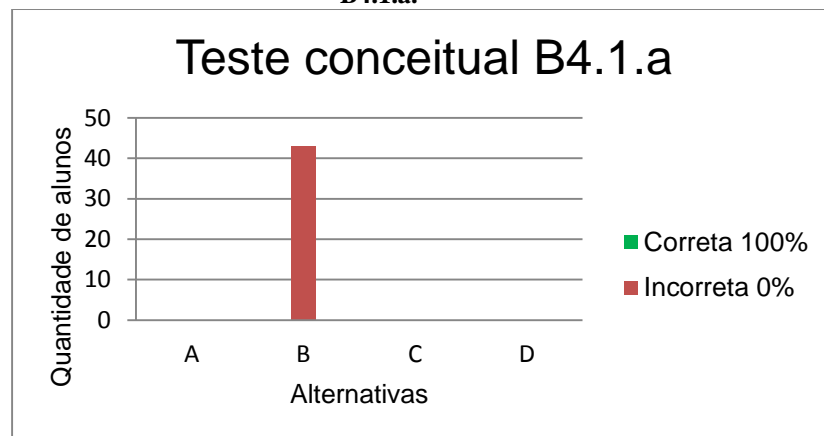
**Figura 4.31 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B3.3.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico da Figura 4.32 nos informa que os alunos alcançaram 100% de aproveitamento no teste conceitual B4.1.a. Esse teste leva à turma o conceito de hipermetropia, destacando uma das características mais evidentes que uma pessoa portadora dessa anomalia pode apresentar – dificuldade de enxergar objetos próximos.

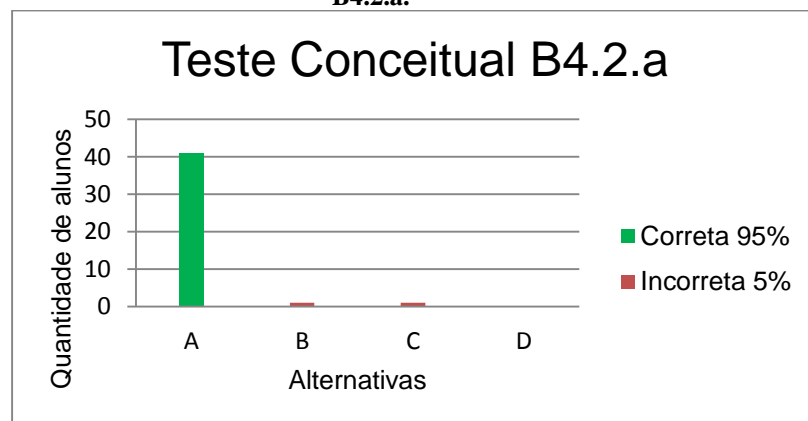
**Figura 4.32 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B4.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio do teste conceitual B4.2.a, o aluno analisou algumas características presentes no globo ocular hipermetrope. A Figura 4.33 mostra o gráfico resultante das votações para esse teste. Foram 95% na alternativa correta, letra A, que associou a hipermetropia com as dimensões reduzidas de determinado globo ocular em comparação a um olho humano normal.

**Figura 4.33 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B4.2.a.**

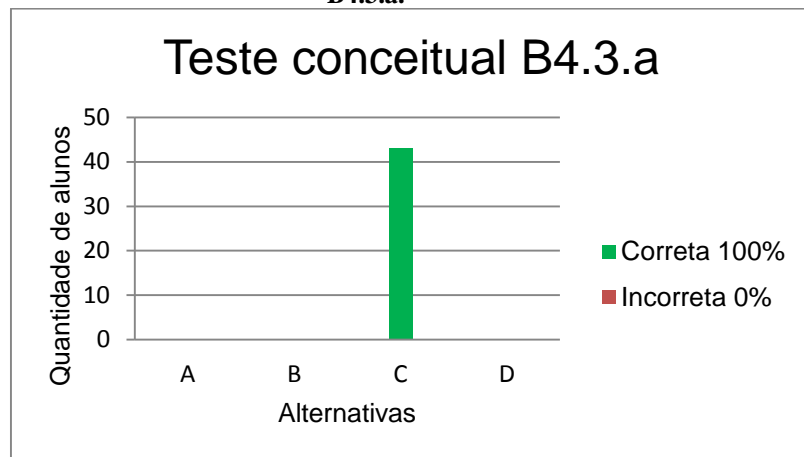


Fonte: Elaborado pelo autor



Com o teste conceitual Ba.3.a, os alunos puderam investigar que tipo de lente pode ser empregada para corrigir a hipermetropia. O gráfico da Figura 4.34 nos informa que a resposta correta, alternativa C, foi consenso entre todos os alunos, apontando a lente convergente como um dos instrumentos de correção da hipermetropia.

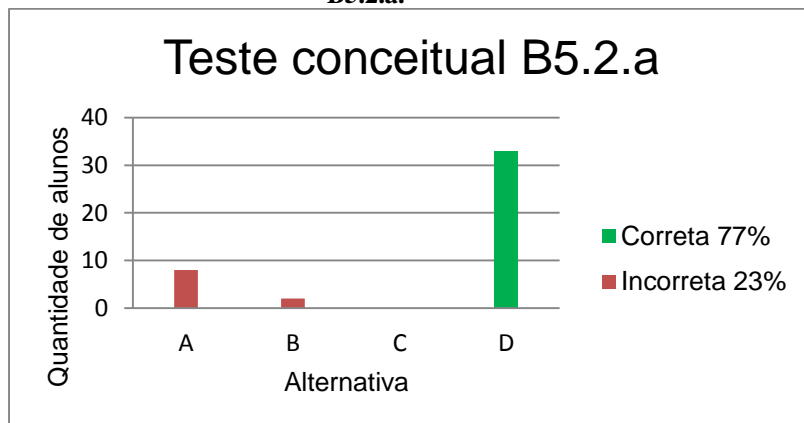
**Figura 4.34 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B4.3.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

O teste conceitual B5.2.a, possibilitou aos alunos analisarem o conceito de presbiopia, conhecida popularmente como vista cansada. Esse teste ilustra a presbiopia como ocasionada a partir do encurtamento do intervalo de acomodação visual, isto é, o afastamento do ponto próximo e a aproximação do ponto remoto, tendo um olho saldável como referência. Na Figura 4.35, podemos observar que 77% dos votos foram endereçados a alternativa correta, letra D, a qual destaca a rigidez do cristalino como causa da presbiopia.

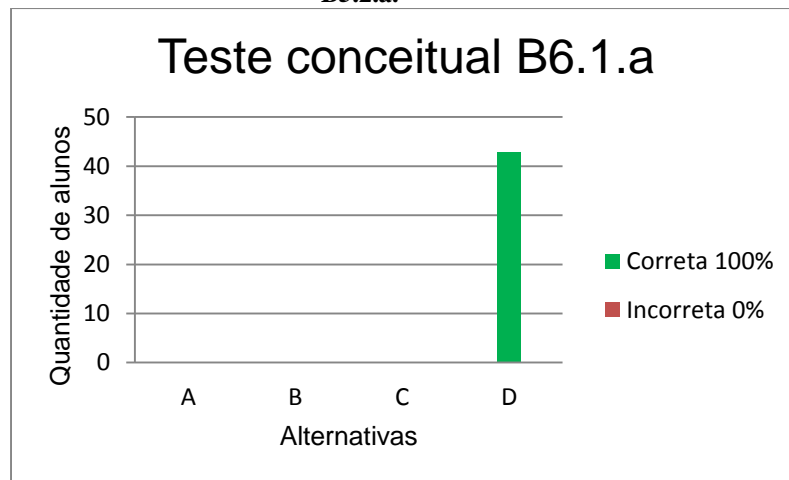
**Figura 4.35 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B5.2.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Outro teste com 100% de aproveitamento foi o teste conceitual B6.1.a. Por meio desse teste o aluno pôde verificar que a partir de irregularidades na curvatura da córnea do globo ocular de uma pessoa, um oftalmologista pode diagnosticá-la como portadora do defeito de visão conhecido como astigmatismo. O resultado das votações desse teste pode ser observado através do gráfico da Figura 4.36.

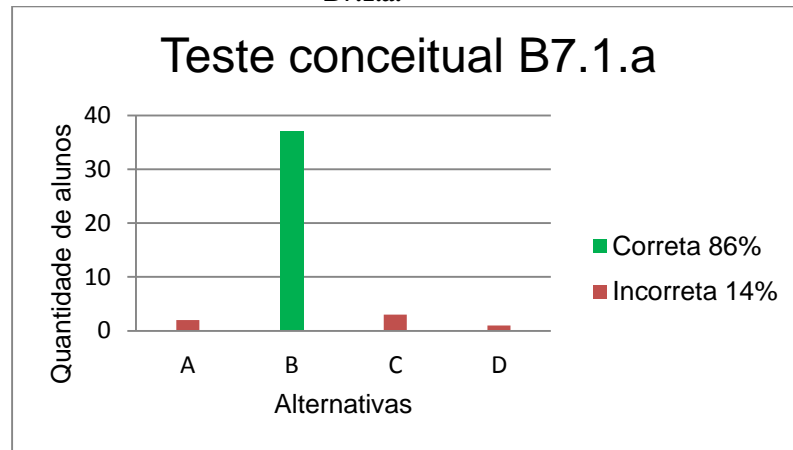
**Figura 4.36 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B5.2.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisarem o teste conceitual B7.1.a, os alunos tiveram a oportunidade de fixar os conceitos de miopia, hipermetropia e astigmatismo. A partir desse teste os estudantes teriam que associar cada uma das três imagens mostradas no teste com um dos defeitos visuais. A resposta correta, alternativa B, recebeu 86% dos votos, em conformidade com o gráfico da Figura 4.37. Nessa alternativa a miopia aparece associada a uma imagem com falta de nitidez para os objetos distantes, já a hipermetropia é associada a uma imagem em que os objetos próximos é que estão fora de foco, e a imagem associada ao astigmatismo apresenta tanto objetos próximos quanto distantes como imagens desfocadas.

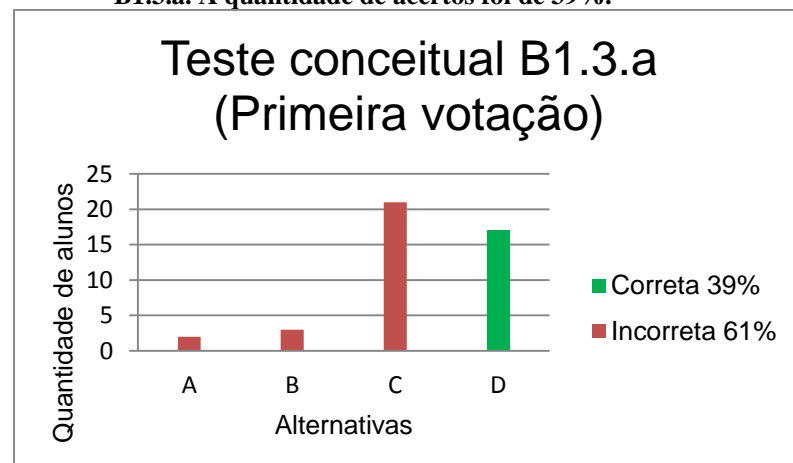
**Figura 4.37 – Gráfico correspondente ao resultado das votações referente ao teste conceitual B7.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Dada a segunda aplicação, apenas os testes conceituais identificados com os códigos B1.3.a e B6.2.a, foram os que ficaram dentro do intervalo de acertos que vai de 30% a 70%, etapa de maior ativismo dos alunos com os conteúdos trabalhados. Conforme especificado no apêndice B, o teste conceitual B1.3.a explora o elemento controlador da intensidade luminosa que deve penetrar no olho. Para o elemento responsável por tal função, a grande maioria da turma, após votação, ficou dividida entre as alternativas C e D, que apontam como resposta a pupila e a íris, respectivamente. Para a primeira votação deste teste, conforme mostrado na Figura 4.38, tivemos uma quantidade correspondente a 39% dos alunos convergindo para a resposta correta, alternativa D, enquanto 61% ficaram divididos entre as demais alternativas, sendo que desse quantitativo, a maioria havia assimilado que a pupila seria a opção correta, alternativa C.

**Figura 4.38 – Gráfico correspondente ao resultado da primeira votação do teste conceitual B1.3.a. A quantidade de acertos foi de 39%.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dessa margem de acertos, a turma foi dividida em grupos, conforme orienta a metodologia PI, para que discutissem sobre qual das alternativas seria a correta. No decorrer das discussões, pude observar que os alunos dialogavam entre seus grupos em busca da alternativa correta com argumentos consistentes, inclusive com indagações feitas direto ao professor. A Figura 4.39 retrata um desses momentos.

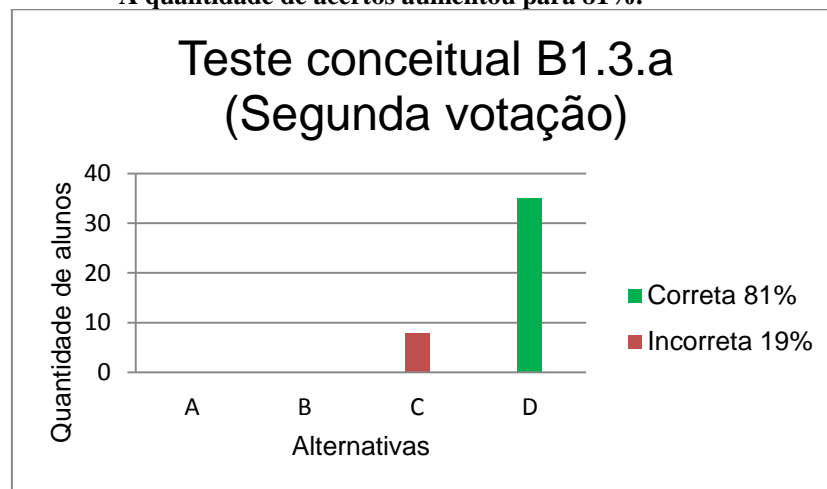
**Figura 4.39 – Momento de discussão em grupo na busca da resposta correta do teste conceitual B1.3.a. Um dos grupos socializa suas interpretações com o professor.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Depois que encerrou o prazo para as discussões, que nesse caso foi de 3 minutos aproximadamente, foi colocada em aberto uma nova votação em cima do mesmo teste conceitual, dando oportunidade aos alunos que optaram inicialmente por uma resposta equivocada, de migrarem para a alternativa correta, mas também, havia a possibilidade daqueles que votaram acertadamente migrarem para uma das alternativas incorretas. O resultado da segunda votação para o referido teste conceitual, o qual aparece descrito na Figura 4.40, mostra que as discussões em grupo proporcionaram a turma uma ampliação no seu percentual de acerto, ultrapassando a margem dos 70%.

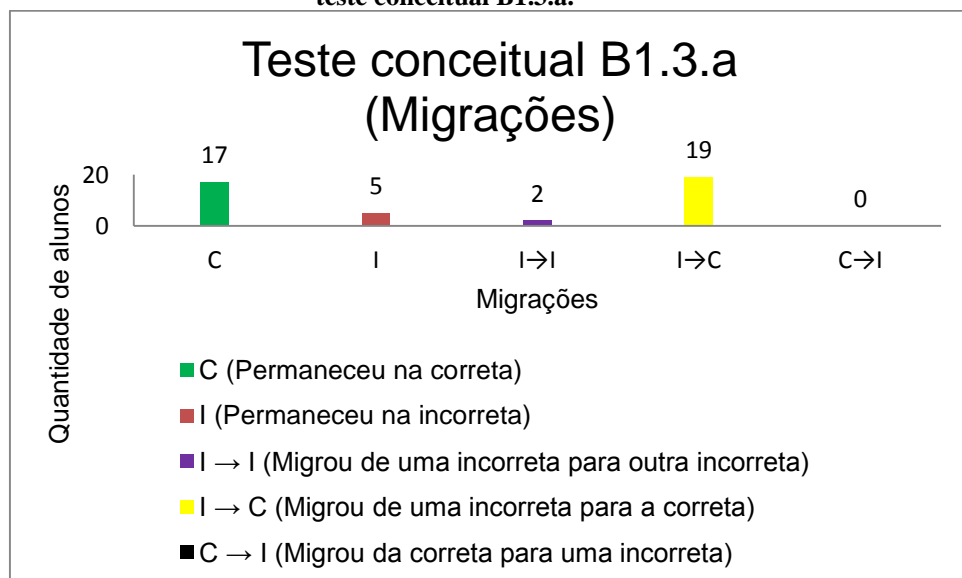
**Figura 4.40** – Gráfico correspondente ao resultado da segunda votação do teste conceitual B1.3.a. A quantidade de acertos aumentou para 81%.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4.41 mostra como foi construído o quadro de migrações entre as votações realizadas pelos alunos para o teste conceitual B1.3.a. Dos estudante que haviam optado inicialmente pela alternativa correta, foram dezessete e nenhum migrou. Cinco alunos que haviam optado por uma das alternativas incorretas também não migraram. Houve migrações de dois alunos de uma das alternativas incorretas para outra incorreta, e dezenove alunos migraram de uma das alternativas incorretas para a correta.

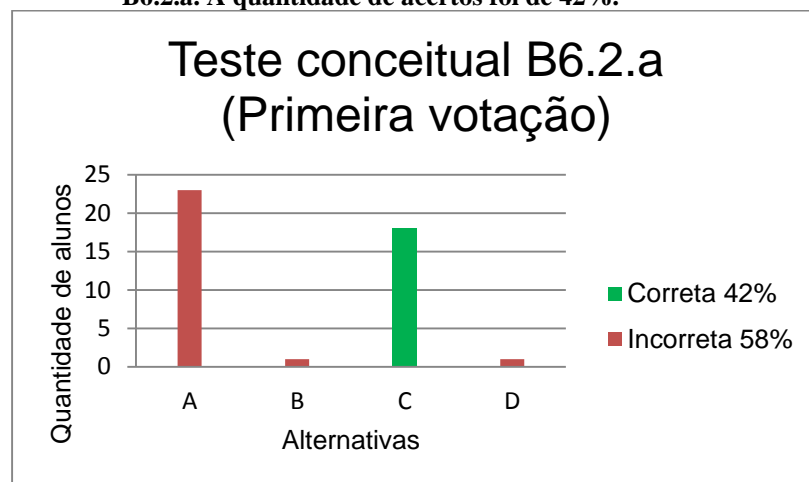
**Figura 4.41** – Gráfico correspondente as migrações dos votos dos alunos entre as votações do teste conceitual B1.3.a.



Fonte: Elaborado pelo autor

Outro teste discutido em grupo, o teste conceitual B6.2.a, faz uma abordagem sobre a anomalia visual identificada como astigmatismo. Esse teste convida os alunos a analisarem a causa de imagens construídas sobre a retina serem desfocadas, em pessoas com astigmatismo. As votações seguiram para um o resultado de 42% de acertos. A maioria da turma optou pela alternativa A, que apontou como resposta: a falta de simetria na curvatura da córnea ou do cristalino; enquanto que a resposta correta seria o fato dos raios de luz, depois de serem convergidos pelo sistema córnea-cristalino, chegarem a mais de um ponto sobre a retina (alternativa C). A Figura 4.42 expõe o resultado das votações para esse teste conceitual.

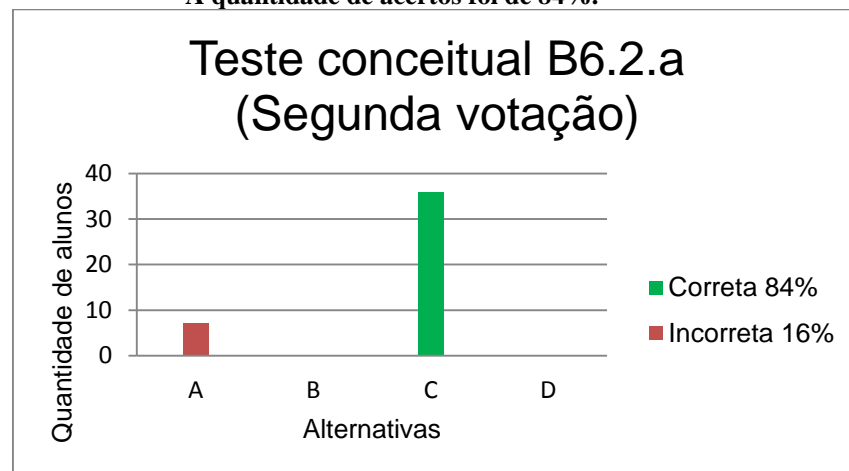
**Figura 4.42 – Gráfico correspondente ao resultado da primeira votação ao teste conceitual B6.2.a. A quantidade de acertos foi de 42%.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Esse resultado nos levou a outra discussão, na qual os alunos dialogaram novamente em grupo, na busca de um consenso para a alternativa correta. Depois de encerrada as discussões, o teste conceitual B6.2.a foi colocado uma segunda vez em votação, determinando um novo quadro para os resultados, cujos números levaram a construção do gráfico retratado na Figura 4.43. Nessa oportunidade foram obtidos 84% de acertos na alternativa correta, de maneira que os outros 16% foram direcionados somente para a alternativa A.

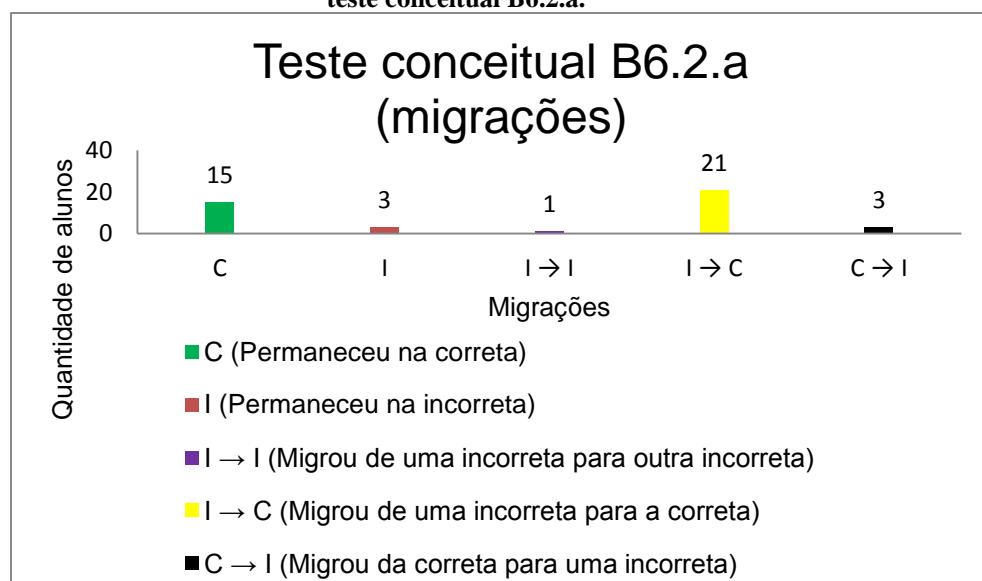
**Figura 4.43 – Gráfico correspondente ao resultado da segunda votação ao teste conceitual B6.2.a. A quantidade de acertos foi de 84%.**



Fonte: Elaborado pelo autor

As migrações que ocorreram entre as duas votações desse teste conceitual indicam, por meio da metodologia PI, que a turma melhorou o resultado ruim obtido na primeira análise. Dessas migrações, 15 alunos, que haviam votado inicialmente na alternativa correta, decidiram não migrar, o que também aconteceu para três alunos que optaram por uma das alternativas incorretas. Dos que inicialmente haviam escolhido uma das alternativas incorretas, um aluno migrou para outra incorreta, enquanto 21 migraram para a correta. Por fim, apenas 3 alunos abandonaram a alternativa correta por uma das incorretas. Todas essas migrações estão sendo retratadas pelo gráfico ilustrado na Figura 4.44.

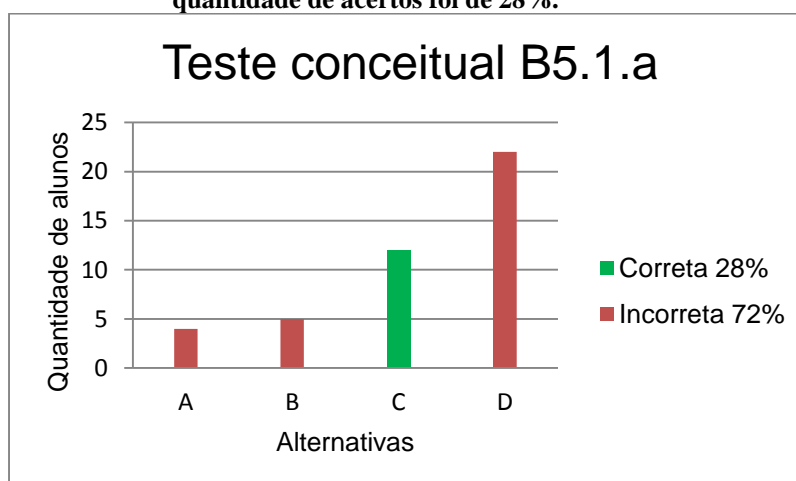
**Figura 4.44 – Gráfico correspondente as migrações dos votos dos alunos entre as votações do teste conceitual B6.2.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

No processo de votação dos testes conceituais referente ao assunto dessa sequência (Defeitos da Visão), apenas um, o teste B5.1.a, atingiu uma quantidade de acertos inferior a 30%. Diante desse resultado, a metodologia PI nos orienta a revisitar o tópico, explanando-o com mais amplitude, se possível lançando mão de recursos de aprendizagem que venham contribuir à compreensão dos alunos, de modo que possamos possibilitar a eles condições de reformularem suas interpretações quanto aquele tópico, no intuito de que a aprendizagem seja assegurada. Esse teste foi lançado para expor à turma o defeito da visão conhecido como presbiopia, cujas ocorrências são verificadas, geralmente, em pessoas com idade avançada. A proposta do teste foi de que os alunos identificassem a presbiopia como consequência da falta de acomodação visual do elemento cristalino do globo ocular. Entretanto, no ato da votação foi constatado, conforme retratado na Figura 4.45, que a maioria da turma, 72%, optou por uma das alternativas incorretas, letra D, a qual relacionou o astigmatismo como a anomalia causada por essa inconsistência do cristalino. A considerar que houve apenas 28% de acertos, foi reintroduzido à turma o tópico dessa discussão, considerando, dessa vez, uma maior profundidade nas exposições preliminares, com a da imagem mostrada na Figura 4.46, a qual retrata a acomodação do cristalino por ação dos músculos ciliares. Dessa forma, os alunos poderiam ter a compreensão correta do tópico revisitado, que poderia ser consolidada a partir do novo teste conceitual que foi apresentado logo em seguida.

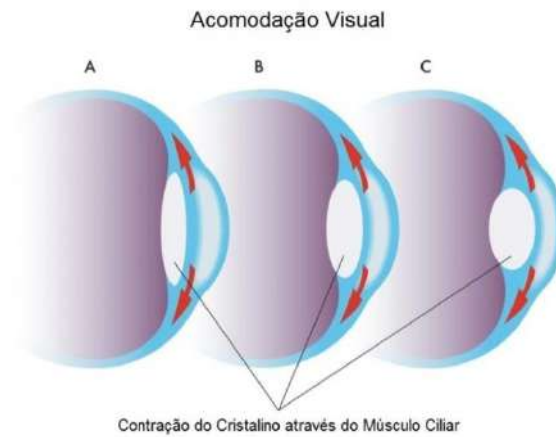
**Figura 4.45 – Gráfico correspondente ao resultado das votações ao teste conceitual B5.1.a. A quantidade de acertos foi de 28%.**



Fonte: Elaborado pelo autor



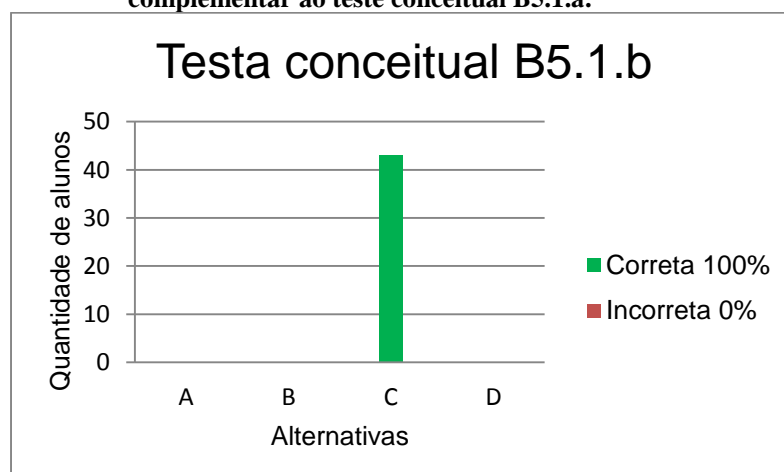
**Figura 4.46 – Imagem da acomodação visual do cristalino por ação dos músculos ciliares.**



Fonte: <http://www.clinicadeolhosguarnieri.com.br/cirurgias>

O teste conceitual B5.1.b, foi introduzido como complementar ao anterior para ser usado nessa segunda votação, trazendo aos alunos uma nova oportunidade de assimilarem de forma correta que a presbiopia é um defeito da visão associado à rigidez do cristalino. O resultado dessa nova votação está sendo mostrado pelo gráfico da Figura 4.47, em que, absolutamente, todos os alunos convergiram para a alternativa correta, reconhecendo a presbiopia como o resultado da má acomodação do cristalino, e que essa falha é consequência da perda de elasticidade dos músculos ciliares, elementos responsáveis por comprimir e relaxar o cristalino.

**Figura 4.47 – Gráfico correspondente ao resultado das votações ao teste conceitual B5.1.b, complementar ao teste conceitual B5.1.a.**



Fonte: Elaborado pelo autor

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abordagens envolvendo métodos ativos de ensino no ambiente escolar têm contribuído para despertar potencialidades de aprendizagens nos estudantes, sobretudo em cenários de discussões provocadas pelo próprio professor. Foi exatamente o que se constatou nas atividades desenvolvidas nesse trabalho com as aplicações da metodologia PI. A partir de análises de testes conceituais, muitos alunos manifestaram indagações sobre determinadas alternativas quanto às justificativas de estarem erradas ou certas, proporcionando um cenário de discussões, onde muitas contribuições foram dadas por eles; evidenciando-se assim, o envolvimento desses alunos no processo de ensino e aprendizagem. Uma vez engajados nesse processo, por meio das interações em grupo determinadas pelo método PI, os estudantes tiveram a oportunidade de expor os conceitos que construíram dos tópicos estudados por eles e expostos pelo professor. Assim, seus potenciais foram canalizados para uma aprendizagem sólida e que os levaram a descortinar novos conceitos.

A facilidade e rapidez em coletar os resultados dos testes conceituais com o uso do aplicativo Plickers nos possibilitou promover discussões direcionadas, capazes de estimular os alunos a participarem da aprendizagem proposta em cada teste. Dessa forma os objetivos desse trabalho foram sendo alcançados gradativamente, como o de promover transformações na vivência escolar de alguns alunos, dando-lhes a oportunidade de assumir o protagonismo da construção das aprendizagens desenvolvidas entre professor e aluno, oportunidade essa aproveitada por grande parte da turma. Outro objetivo alcançado foi o estudo autônomo que passaram a fazer parte da rotina de alguns estudantes a partir de seus envolvimento cognitivos manifestados em sala de aula. De posse dessas conquistas, como professor, posso relatar que minhas perspectivas quanto aos ensinamentos de conceitos de óptica que planejei, foram atingidas em uma escala satisfatória.

## REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *Science* **335**, 380 (2012); **338**, 1263 (2012); WIEMAN, C.; **Proceedings of the National Academy of Sciences USA** **111**, 8319 (2014).

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E., **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem em física**. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013.

CROUCH, C. H; MAZUR, E. **Peer Instruction: Ten years of experience and results**. American Association of Physics Teachers. Vol. 69, No . 9, September 2001.

Dispositivo de votação clickers <[http:// historiann.com/2009/03/03/clickers-excuse-me-are-we-training-dogs-here/](http://historiann.com/2009/03/03/clickers-excuse-me-are-we-training-dogs-here/)>. Acesso em: 01 nov. 2018.

DUBE, S. P.; GHADLINGE, M. S.; MUNGAL, S. U.; TAMBOLI, S. B. & KULKARNI, M. B. **Students Perception towards Problem Based Learning**. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS)*, Volume 13, Issue 5 Ver. VI. (May. 2014), pp.49-53.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25<sup>a</sup> ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, p. **Pedagogia do Oprimido**, 17<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

HAKE, R.R, Phys, J. **Metodologias Ativas de Ensino e Aprendizagem: Algumas Considerações**. *American Journal of Physics*. V. 6, n. 14: p. 64-66, ago. 2015.

JOHN D. BRANSFORD, ANN L. BROWN AND RODNEY R. COCKING (eds) **How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School** (National Academy Press, Washington, D.C., 2000).

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. **Peer Instruction: from Harvard to the two-year college**. *American Journal of Physics*, v. 76, n. 11, p. 1066(4), 2008.

MAZUR, E., **Peer Instruction: A User's Manual**, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997.

MAZUR, E. **Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa**. Tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, 2015.

Ministério da educação, conselho nacional de educação, câmara de educação básica.

**Resolução nº 2, de 30 de janeiro 2012**. Disponível em

<[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=9917-rceb002-12-1&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=9917-rceb002-12-1&Itemid=30192)>. Acesso em: 03 nov. 2018.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Instituto de Física – UFRGS. Curriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MULLER, M. G.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; SCHELL, J. **Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino *Peer Instruction* (1991 a 2015)**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, nº 3, e3403 (2017).

OLIVEIRA, T. E; ARAÚJO, I. S; VEIT, E. A. **Sala de aula invertida (flipped classroom): Inovando as aulas de física**. Física na Escola, v. 14, n. 2, 2016.

OLIVEIRA, V., **Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio**. 2012. 236 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, (2012).

VERA B. HENRIQUES, V. B., CARMEN P.C. PRADO E ANDRÉ P. VIEIRA. Editorial convidado: Aprendizagem ativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, 4001 (2014).

VYGOTSKY. L.S. **Interação entre aprendizado e desenvolvimento**. In: Cole, M.; Scribner, S. e Souberman, E.(org). *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes. 1998.

# APÊNDICE A :TESTES CONCEITUAIS REFERENTES AOS ASSUNTOS EXPLORADOS NO PRIMEIRO ENCONTRO

Todos os testes conceituais abordados neste trabalho foram elaborados pelo próprio autor, tomando como base as recomendações que Eric Mazur disponibiliza em seu livro: Peer Instruction, a revolução da aprendizagem ativa. Os tópicos explorados nessa aplicação estão contidos nos assuntos: **Princípios da óptica geométrica e reflexão da luz**. Em cada teste aparece destacada a alternativa correspondente à resposta correta. Esses testes estão divididos em blocos de acordo com os tópicos que eles abordam.

## **Bloco A1: Sobre a Natureza Eletromagnética da Luz**

A1.1.a: De que forma a luz se propaga?

- a) Por meio de um campo elétrico constante.
- b) Por meio de um campo magnético constante.
- c) Por meio de campos elétricos e magnéticos alternados e constantes.
- d) Por meio de campos elétricos e magnéticos alternados e variantes.

A1.1.b : O que é induzido por um campo magnético variável?

- a) Outro campo magnético variável.
- b) Outro campo magnético, no entanto, constante.
- c) Um campo elétrico variável.
- d) Um campo elétrico constante.

A1.2.a: Dentre as ondas eletromagnéticas apresentadas nas alternativas abaixo, qual apresenta a maior energia?

- a) Infravermelho.
- b) Micro-ondas.
- c) Ultravioleta.
- d) Luz.

A1.2.b: Dentre as ondas eletromagnéticas apresentadas nas alternativas abaixo, qual apresenta o maior comprimento de onda?

- a) Ondas de rádio.
- b) Raio X.
- c) Luz.

d) Raios gama.

---

### **Bloco A2: Sobre as fontes luminosas**

A2.1.a: Uma pessoa está lendo um livro em uma sala completamente fechada cuja iluminação em seu interior se dá, exclusivamente, pelo uso de uma lâmpada fluorescente. Nessas condições, o livro e a lâmpada são classificados, respectivamente, como fontes de luz:

- a) Secundária e primária.
- b) Primária e secundária.
- c) Pontual e extensa.
- d) Extensa e pontual.

A2.1.b – Julieta acompanha seu namorado Romeu até ao porto, onde ele deverá embarcar em um grandioso navio às 22hs. Incomodada com a intensidade da iluminação externa da embarcação, Julieta mal consegue enxergar seu amado na popa da embarcação. Quanto o navio zarpa, Julieta vê seu grandioso formato desaparecer, gradativamente, dando lugar a um pequeno ponto luminoso. A iluminação externa do navio nos instantes em que Julieta olha para Romeu parado na popa e, quanto o navio está distante, pode ser classificada, respectivamente, como:

- a) Secundária e primária.
- b) Primária e secundária.
- c) Pontual e extensa.
- d) Extensa e pontual.

---

### **Bloco A3: Sobre a formação de cores**

A3.1.a: A combinação luminosa de todas as cores resulta na luz branca. Essa luz também pode ser obtida pela adição de apenas três cores. Que cores são essas?

- a) Vermelha, amarela e alaranjada.
- b) Verde, amarela e violeta.
- c) Vermelha, verde e azul.
- d) Alaranjada, amarela e azul.

A3.1.b: Qual alternativa apresenta, respectivamente, uma cor primária e outra secundária?

- a) Amarela e verde.

- b) Vermelha e verde.
- c) Ciano e Magenta.
- d) Azul e ciano.

A3.2.a: Que cor se apresentará uma toalha vermelha colocada em um quarto escuro, quando iluminado por uma luz monocromática azul?

- a) Verde.
- b) Preta.
- c) Azul.
- d) Magenta.

A3.2.b: Quando somente a luz magenta incide sobre uma superfície azul, qual cor é absorvida e qual cor é refletida, respectivamente?

- a) Vermelha e azul.
- b) Azul e vermelha.
- c) Verde e azul.
- d) Azul e verde.

A3.3.a: Dentre as alternativas abaixo, qual apresenta uma justificativa de vermos o céu na cor azul.

- a) As moléculas que constituem a nossa atmosfera são grandes e por isso espalham luzes de grandes comprimentos de onda.
- b) As moléculas que constituem a nossa atmosfera são pequenas o suficiente para espalhar luzes de pequenos comprimentos de onda.
- c) A luz do Sol é absorvida em todos os seus comprimentos de onda ao incidir na atmosfera terrestre, exceto no azul.
- d) A luz do Sol é refletida em todos os seus comprimentos de onda ao incidir na atmosfera terrestre, exceto no azul.

A3.3.b: Por que o céu, ao amanhecer e ao pôr do Sol, é mais avermelhado?

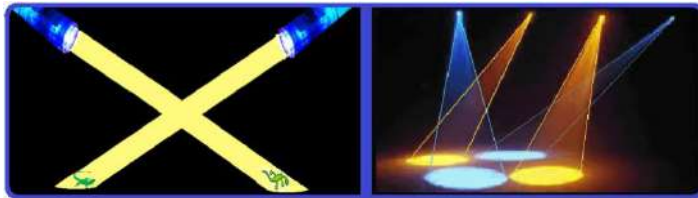
- a) Nesses horários a luz percorre uma distância menor, de modo que a pouco da quantidade de luz azul já foi espalhada, restando um tom avermelhado.
- b) Nesses horários a luz percorre uma distância maior, de modo que a pouco da quantidade de luz azul já foi espalhada, restando um tom avermelhado.
- c) Nesses horários a luz percorre uma distância menor, de modo que a maior quantidade de luz azul já foi espalhada, restando um tom avermelhado.
- d) Nesses horários a luz percorre uma distância maior, de modo que a maior quantidade de luz azul já foi espalhada, restando um tom avermelhado.

## **Bloco A4: Princípios da Óptica Geométrica**

A4.1.a: Se você olhando para um espelho vê os olhos de uma pessoa que está atrás de você, certamente esta pessoa também enxergará seus olhos. De qual princípio óptico estamos falando?

- a) Princípio da independência dos raios de luz?
- b) Princípio da reversibilidade da luz.**
- c) Princípio da propagação retilínea da luz.
- d) Princípio óptico da visão.

A4.1.b: A imagem abaixo evidencia um princípio óptico conhecido como:

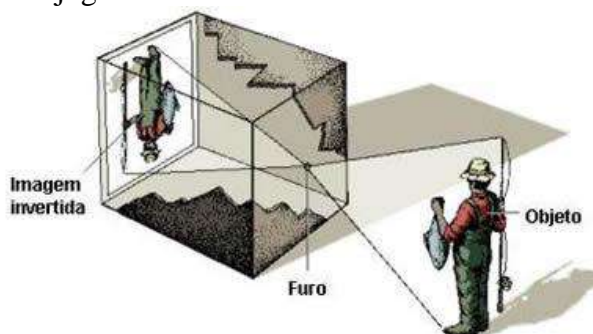


- a) Princípio da independência dos raios de Luz?**
- b) Princípio da reversibilidade.
- c) Princípio da propagação retilínea da luz.
- d) Princípio óptico da visão.

A4.2.a: Um objeto colocado diante do orifício de uma câmara escura terá sua imagem conjugada na parede oposta ao orifício com as seguintes características:

- a) Maior e direita.
- b) Menor e invertida.**
- c) Maior e invertida.
- d) Menor e direita.

A4.2.b: Se o pescador da figura abaixo se aproximar da câmara escura diante de si, sua imagem conjugada no fundo câmara ficará:



- a) Maior.**
- b) Menor.



- c) Direita.
- d) Desfocada.

A4.3.a: Quando a Lua, em sua trajetória, encontra-se entre o Sol e a Terra, haverá projetado na superfície da Terra:

- a) Somente a sombra da Lua.
- b) Somente a penumbra da Lua.
- c) Sombra e penumbra da Lua.
- d) A imagem da Lua.

A4.3.b: Quando se coloca um objeto entre uma fonte puntiforme e um anteparo, será projetado neste:

- a) Somente sombra.
- b) Somente penumbra.
- c) Sombra e penumbra.
- d) A imagem do objeto

A4.4.a: O eclipse solar total ocorre quando a Lua, em sua trajetória, encontra-se entre o Sol e a Terra (fase de Lua Nova). Nesse caso, esse eclipse será presenciado por:

- a) Todas as pessoas no globo terrestre.
- b) Somente pelas pessoas que estiverem na região atingida pela sombra da Lua projetada na superfície da Terra.
- c) Somente pelas pessoas que estiverem na região atingida pela penumbra da Lua projetada na superfície da Terra.
- d) Somente pelas pessoas que estiverem fora da região atingida pela sombra da Lua projetada na superfície da Terra.

A4.4.b: O que pode ser afirmado no eclipse parcial da Lua?

- a) A Terra encontra-se entre o Sol e a Lua, estando esta no cone de penumbra da Terra.
- b) A Terra encontra-se entre o Sol e a Lua, estando esta no cone de sombra da Terra.
- c) A Lua encontra-se entre o Sol e a Terra, estando esta no cone de penumbra da Lua.
- d) A Lua encontra-se entre o Sol e a Terra, estando esta no cone de sombra da Lua.

---

## Bloco A5: Sobre as Fases da Lua

A5.1.a: Das fases da Lua, qual alternativa caracteriza a fase de Lua Nova?

- a) É quando a lua está em conjunção com o Sol. Nessa fase a face da voltada para a Terra não recebe Luz solar.

- b) É quando a lua está em oposição com o Sol. Nessa fase, a face da voltada para a Terra fica totalmente iluminada.
- c) É quando apenas metade da face da Lua voltada para a Terra está sendo iluminada. Nessa fase a lua nasce ao meio-dia e se põe à meia-noite.
- d) É quando apenas metade da face da Lua voltada para a Terra está sendo iluminada. Nessa fase a lua nasce à meia-noite e se põe ao meio-dia.

A5.1.b: Das fases da Lua, qual alternativa caracteriza a fase de Lua Cheia?

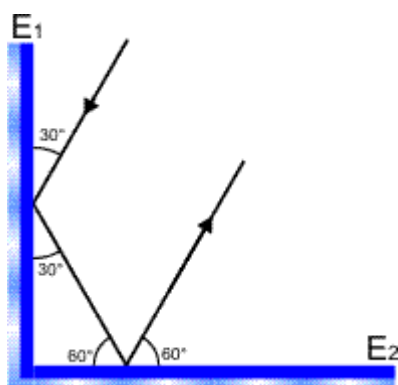
- a) É quando a lua está em conjunção com o Sol. Nessa fase a face da voltada para a Terra não recebe Luz solar.
- b) É quando a lua está em oposição com o Sol. Nessa fase, a face da voltada para a Terra fica totalmente iluminada.
- c) É quando apenas metade da face da Lua voltada para a Terra está sendo iluminada. Nessa fase a lua nasce ao meio-dia e se põe à meia-noite.
- d) É quando apenas metade da face da Lua voltada para a Terra está sendo iluminada. Nessa fase a lua nasce à meia-noite e se põe ao meio-dia.

### **Bloco A6: Sobre a Reflexão da Luz e Espelhos Planos**

A6.1.a: O que diz a segunda lei da reflexão?

- a) Que raio incidente, o raio refletido e a reta normal à superfície refletora, pertencem ao mesmo plano.
- b) Que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.
- c) Que o raio refletido se propaga na mesma direção do incidente.
- d) Que ângulo de incidência, dependendo da situação, pode ser maior ou menor que o ângulo de reflexão.

A6.1.b: Na figura abaixo  $E_1$  e  $E_2$  são espelhos comuns, onde um raio de luz incide em  $E_1$  e reflete para  $E_2$ , de onde é refletido para o ambiente. Nessas condições, quais os valores, respectivamente, dos ângulos de incidência e reflexão nos dois espelhos?

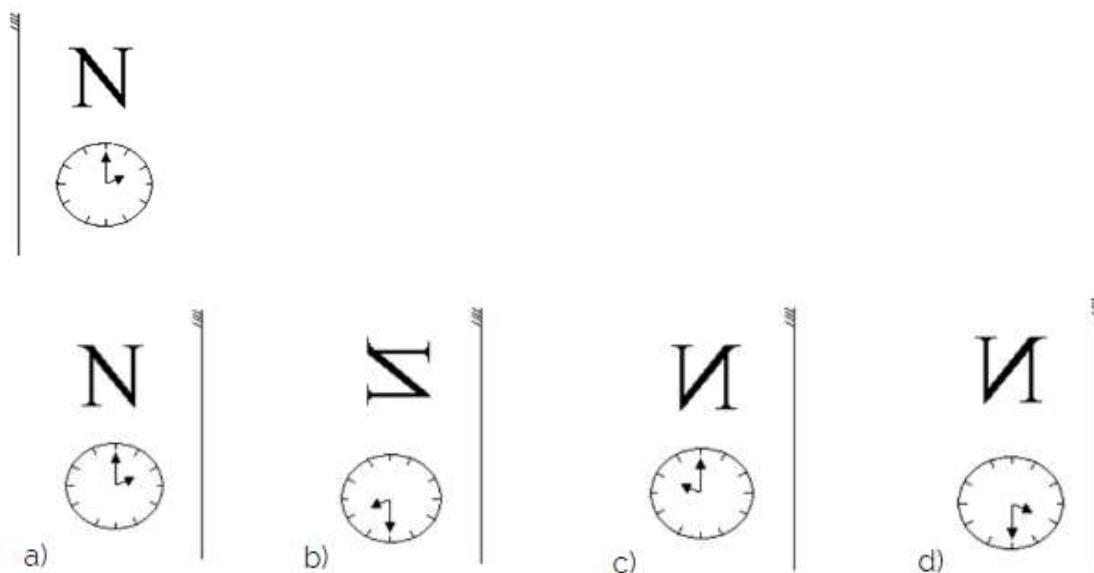


- a)  $30^\circ$  e  $60^\circ$ ;  $60^\circ$  e  $30^\circ$ .
- b)  $60^\circ$  e  $30^\circ$ ;  $30^\circ$  e  $60^\circ$ ;
- c)  $30^\circ$  e  $30^\circ$ ;  $60^\circ$  e  $60^\circ$ ;
- d)  $60^\circ$  e  $60^\circ$ ;  $30^\circ$  e  $30^\circ$ ;

A6.2.a: Um objeto e sua imagem, conjugada por um espelho plano, são sempre:

- a) Simétricas em relação ao espelho e enantiomorfos.
- b) De tamanhos diferentes e enantiomorfos.
- c) Simétricas em relação ao espelho e de tamanhos diferentes.
- d) De mesmo tamanho e invertidos, um em relação ao outro.

A6.2.b: Veja a figura abaixo e marque a alternativa que representa a imagem formada pelos objetos (letra N e relógio) quando colocado diante de um espelho plano.



A6.3.a: Um homem se coloca diante de um espelho plano a uma distância de 5 m. Qual será a velocidade de afastamento da imagem caso o homem se afaste do espelho a 1 m/s?

- a) 1 m/s
- b) 2 m/s
- c) 3 m/s
- d) 4 m/s

A6.3.b: Maria posicionada diante de um espelho plano observa seu reflexo. Se seu irmão, João, afastar o espelho com velocidade de 2m/s, com que velocidade a imagem de Maria irá se afastar?

- a) 1 m/s
- b) 2 m/s
- c) 3 m/s
- d) 4 m/s

A6.4.a: Antônio está de pé diante de um espelho plano vertical a distância de 2,5 m, observando sua imagem. Benedito empurra o espelho em direção a Antônio, de modo que a distância entre Antônio e o espelho diminui para 1,5 m. assim, é correto afirmar que:

- a) A distância de Antônio à sua imagem diminui de 2,0 m.
- b) A distancia de Antônio à sua imagem diminui de 2,5 m.
- c) A distancia de Antônio à sua imagem diminui de 1,0 m.
- d) A distancia de Antônio à sua imagem diminui de 3,0 m.

A6.4.b: Um espelho plano fornece uma imagem de um objeto situado a uma distância de 10 cm do espelho. Afastando-se o espelho 20 cm em uma direção normal ao seu plano, que distância separará o objeto da nova imagem?

- a) 20 cm
- b) 30 cm
- c) 60 cm
- d) 80 cm

---

### **Bloco A7: Sobre Espelhos Esféricos**

A7.1.a: Quais as características da imagem conjugada por um espelho esférico côncavo de um objeto colocado entre o centro de curvatura e o foco desse espelho?

- a) Virtual, direita e maior.
- b) Virtual, direita e menor.
- c) Real, invertida e maior.
- d) Real invertida e menor.

A7.1.b: Seja um objeto colocado sobre o foco de um espelho esférico côncavo. Nesse caso a imagem conjugada pelo espelho será:

- a) Imprópria.
- b) Maior que o objeto.
- c) Real.
- d) Virtual.

A7.2.a: De acordo com o referencial de Gauss (estudo analítico do sinal) a imagem caracterizada como real sempre terá:

- a) Valor negativo, abscissa negativa e aumento linear transversal negativo.
- b) Valor negativo, abscissa positiva e aumento linear transversal negativo.
- c) Valor positivo, abscissa negativa e aumento linear transversal negativo.
- d) Valor negativo, abscissa positiva e aumento linear transversal positivo.

A7.2.b: De acordo com o referencial de Gauss (estudo analítico do sinal) a imagem caracterizada como virtual sempre terá:

- a) Valor positivo, abscissa negativa e aumento linear transversal negativo.
- b) Valor negativo, abscissa positiva e aumento linear transversal positivo.
- c) Valor positivo, abscissa negativa e aumento linear transversal positivo.
- d) Valor positivo, abscissa positiva e aumento linear transversal negativo.

A7.3.a: Observe as figuras abaixo e escolha a única alternativa correta.



Figura 1



Figura 2

- a) Na figura 1 o espelho é convexo e na figura 2 o espelho é côncavo.
- b) Na figura 1 o espelho é côncavo e na figura 2 o espelho é plano.
- c) Na figura 1 o espelho é côncavo e na figura 2 o espelho é convexo.
- d) Na figura 1 o espelho é plano e na figura 2 o espelho é côncavo.

A7.3.b: Sempre que um espelho conjugar, a partir de um objeto, uma imagem virtual, direita e menor, esse espelho certamente será do tipo:

- a) Côncavo de foco virtual.
- b) Côncavo de foco real.
- c) Convexo de foco virtual.
- d) Côncavo de foco real.

## APÊNDICE B - TESTES CONCEITUAIS REFERENTES AOS ASSUNTOS EXPLORADOS NO SEGUNDO ENCONTRO

Todos os testes conceituais abordados neste trabalho foram elaborados pelo próprio autor, tomando como base as recomendações que Eric Mazzur disponibiliza em seu livro: Peer Instruction, a revolução da aprendizagem ativa. Os tópicos explorados nessa aplicação estão contidos no assunto: **Defeitos da visão**. Em cada teste aparece destacada a alternativa correspondente à resposta correta. Esses testes estão divididos em blocos de acordo com os tópicos que cada um aborda.

### **Bloco B1: Sobre os elementos do globo ocular e suas funções.**

B1.1.a – Dos elementos do globo ocular, qual funciona como lente convergente?

- a) Pupila.
- b) Músculos ciliares.
- c) Sistema córnea-cristalino.
- d) Íris.

B1. 1.b – O cristalino pode sofrer algumas compressões voluntárias para se acomodar e, assim, obter uma imagem nítida de objetos posicionados próximos ao globo ocular. Que elemento é responsável por tais compressões?

- a) Músculo ciliar.
- b) Retina.
- c) Cristalino.
- d) Córnea.

B1. 2.a – A luz proveniente de um objeto que se deseja enxergar é convergida pelo sistema córnea-cristalino para ser focalizada na (o) \_\_\_\_\_ e, assim, formar uma imagem nítida a ser interpretada pelo cérebro.

O elemento do globo ocular que preenche corretamente a lacuna é o (a)?

- a) Íris.
- b) Retina.

- c) Nervo óptico.
- d) Músculo ciliar.

B1. 2.b – Qual o elemento, ligado à retina, é responsável por levar a informação da imagem formada ao cérebro?

- a) Íris.
- b) Retina.
- c) Nervo óptico.
- d) Músculo ciliar.

B1. 3.a – Que elemento do globo ocular funciona como controlador da intensidade de luz que deve penetrar no olho?

- a) Córnea.
- b) Músculos ciliares.
- c) Pupila.
- d) Íris.

B1. 3.b – Qual o nome do elemento pelo qual a luz penetra no olho?

- a) Córnea.
- b) Cristalino.
- c) Pupila.
- d) Íris.

---

### **Bloco B2: Sobre a acomodação visual.**

B2. 1.a – Para que o olho consiga captar uma imagem nítida de um objeto, este deve estar posicionado entre o ponto próximo (PP) e o ponto remoto (PR). Assim, é correto afirmar:

a) Pra enxergar objetos próximos o cristal é descomprimido em razão da relaxação dos músculos ciliares.

b) Pra enxergar objetos colocados sobre o PP o cristalino é comprimido pelos músculos ciliares, ocasionando o máximo de esforço visual para o observador.

c) Pra enxergar objetos colocados sobre o PR o cristalino é descomprimido pelos músculos ciliares, ocasionando o máximo de esforço visual para o observador.

d) Para uma pessoa de visão normal a distância do PP pode variar conforme a idade da pessoa; já o PR está localizado a uma distância relativamente grande, no entanto finita.

B2. 1.b – O olho humano, com suas funções preservadas, tem a capacidade de enxergar nitidamente objetos próximos e objetos distantes. Então, pode-se afirmar que:

- a) a distância focal do sistema córnea-cristalino é reduzida para enxergar objetos distantes.
  - b) a distância focal do sistema córnea-cristalino é aumentada para enxergar objetos próximos.
  - c) a distância focal do sistema córnea-cristalino é reduzida para enxergar objetos próximos.
  - d) a distância focal do sistema córnea-cristalino é sempre constante.
- 

### **Bloco B3: Sobre a miopia.**

B3. 1.a – Dentre os defeitos da visão, aquele em que a imagem é formada antes da retina chama-se:

- a) Miopia.
- b) Hipermetropia.
- c) Presbiopia.
- d) Astigmatismo.

B3. 1.b – Que defeito da visão impede que o observador veja nitidamente objetos afastados, embora a visão seja boa para objetos próximos?

- a) Miopia.
- b) Hipermetropia.
- c) Presbiopia.
- d) Astigmatismo.

B3. 2.a – Uma pessoa portadora de miopia tem boa visão de objetos próximos, mas apresenta dificuldades para enxergar objetos posicionados a grandes distâncias. Essa anormalidade pode ser ocasionada:

- a) pela convergência exagerada do sistema córnea-cristalino.
- b) pela convergência insuficiente do sistema córnea-cristalino.
- c) pela invariância da distância focal do sistema córnea-cristalino.
- d) pela perda de elasticidade dos músculos ciliares.

B3. 2.b – Uma pessoa portadora de miopia tem boa visão de objetos próximos, mas apresenta dificuldades para enxergar objetos posicionados a grandes distâncias. Essa anormalidade pode ser ocasionada:

- a) pela redução das dimensões do globo ocular em comparação a um olho normal.
- b) pelo aumento das dimensões do globo ocular em comparação a um olho normal.
- c) pela falta de simetria das curvaturas do sistema córnea-cristalino.
- d) pela incapacidade da íris em controlar a entrada de luz no olho.



B3. 3.a – Uma das características de uma pessoa que apresenta miopia é que:

- a) seu sistema de lentes convergente tem distância focal constante.
- b) seu ponto próximo está a uma distância superior do que seria prevista para uma pessoa de visão normal.
- c) seu ponto remoto localiza-se a uma distância finita.
- d) seu ponto remoto localiza-se a uma distância infinita.

B3. 3.b – A miopia pode ser corrigida com o uso de:

- a) lentes cilíndricas.
- b) lentes prismáticas.
- c) lentes convergentes.
- d) lentes divergentes.

---

#### **Bloco B4: Sobre a hipermetropia.**

B4. 1.a – Que defeito da visão impede que o observador veja nitidamente objetos próximos, embora a visão seja boa para objetos distantes?

- a) Miopia.
- b) Hipermetropia.
- c) Presbiopia.
- d) Astigmatismo.

B4. 1.b – Qual o nome dado ao defeito da visão em que a imagem é formada após a retina?

- a) Miopia.
- b) Hipermetropia.
- c) Presbiopia.
- d) Astigmatismo.

B4. 2.a – Uma pessoa portadora de hipermetropia tem boa visão de objetos distantes, mas apresenta dificuldades para enxergar objetos posicionados próximos. Essa anormalidade pode ser ocasionada:

- a) pela redução das dimensões do globo ocular em comparação a um olho normal.
- b) pelo aumento das dimensões do globo ocular em comparação a um olho normal.
- c) pela falta de simetria das curvaturas do sistema córnea-cristalino.
- d) pela incapacidade da íris em controlar a entrada de luz no olho.

B4. 2.b – Uma pessoa portadora de hipermetropia tem boa visão de objetos distantes, mas apresenta dificuldades para enxergar objetos posicionados próximos. Essa anormalidade pode ser ocasionada:

- a) pela invariância da distância focal do sistema córnea-cristalino.
- b) pela perda de elasticidade dos músculos ciliares.
- c) pela convergência exagerada do sistema córnea-cristalino.
- d) pela convergência insuficiente do sistema córnea-cristalino.

B4. 3.a – A hipermetropia pode ser corrigida com o uso de:

- a) lentes cilíndricas.
- b) lentes prismáticas.
- c) lentes convergentes.
- d) lentes divergentes.

B4. 3.b – Uma das características de uma pessoa que apresenta hipermetropia é que:

- a) seu sistema de lentes convergente tem distância focal constante.
- b) seu ponto próximo está a uma distância superior do que seria prevista para uma pessoa de visão normal.
- c) seu ponto remoto localiza-se a uma distância finita.
- d) seu ponto remoto localiza-se a uma distância infinita.

---

### **Bloco B5: Sobre a presbiopia.**

B5. 1.a – Quando uma pessoa atinge uma idade próxima aos 40 anos, pode ocorrer que o cristalino de seu globo ocular perca sua capacidade de acomodação visual. Uma pessoa nessa situação certamente será diagnosticada com:

- a) miopia.
- b) hipermetropia.
- c) presbiopia.
- d) astigmatismo.

B5. 1.b – Quando os músculos ciliares do globo ocular de uma pessoa perde sua elasticidade, o defeito de visão adquirido pela pessoa será?

- a) miopia.
- b) hipermetropia.
- c) presbiopia.
- d) astigmatismo.

B5. 2.a – Na presbiopia (vista cansada) o ponto próximo é afastado do olho e o ponto remoto é aproximado. Isso se deve ao fato:

- a) de irregularidades das curvaturas da córnea e do cristalino.
- b) do desvio do eixo óptico do globo ocular
- c) de a luz chegar a mais de um ponto na retina.
- d) do cristalino torna-se rígido.

B5. 2.b – A presbiopia pode ser corrigida com o uso de lentes:

- a) Bifocais.
- b) Cilíndricas.
- c) Convergentes.
- d) Divergentes.

---

**Bloco B6: Sobre o astigmatismo:**

B6. 1.a – Quando a córnea do globo ocular de uma pessoa apresenta irregularidades de curvatura, é evidenciado o seguinte defeito de visão:

- a) miopia.
- b) hipermetropia.
- c) presbiopia.
- d) astigmatismo.

B6. 1.b – Quando os raios refratados pelo sistema córnea-cristalino chegam a mais de um ponto na retina, que defeito de visão pode ser associado?

- a) miopia.
- b) hipermetropia.
- c) presbiopia.
- d) astigmatismo.

B6. 2.a – Uma pessoa diagnosticada com astigmatismo tem uma imagem desfocada projetada na retina. Isso se deve ao fato:

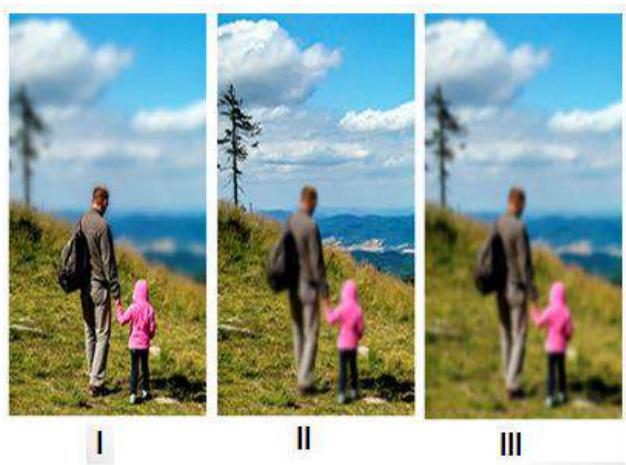
- a) de irregularidades das curvaturas da córnea e do cristalino.
- b) do desvio do eixo óptico do globo ocular
- c) de a luz chegar a mais de um ponto na retina.
- d) do cristalino torna-se rígido.

B6. 2.b – Que tipo de lente pode ser empregada na correção do astigmatismo?

- a) Bifocais.
- b) Cilíndricas.**
- c) Convergentes.
- d) Divergentes.

**Bloco B7: Sobre os defeitos da visão:**

B7. 1.a – As imagens listadas abaixo evidenciam cada uma, um defeito de visão. Que defeitos são esses?



- a) I – Miopia; II – Astigmatismo; III – Hipermetropia.
- b) I – Miopia; II – Hipermetropia; III – Astigmatismo.**
- c) I – Hipermetropia; II – Miopia; III – Astigmatismo.
- d) I – Astigmatismo; II – Hipermetropia – Miopia.

B7. 1.b – A pessoa idosa da figura abaixo consegue enxergar nitidamente somente com o uso dos óculos que aparece na figura.



Dessa forma, pode-se afirmar que essa pessoa:

- a) possui miopia em ambos os olhos.
- b) possui hipermetropia em ambos os olhos.
- c) possui hipermetropia no olho direito e miopia no olho esquerdo.
- d) possui miopia no olho direito e hipermetropia no olho esquerdo.

## **APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL**

