



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



**Aprendizagem cooperativa aliada ao uso de objetos virtuais:
uma proposta para o ensino de estrutura atômica da matéria**

Glaucio Jefferson Araújo Gomes

Prof. Dra. Cláudia de Figueiredo Braga
(Orientadora)

João Pessoa/PB
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



Disciplina: **Trabalho de Conclusão de Curso II**

Aluno: **Glaucio Jefferson Araújo Gomes**

Aprendizagem cooperativa aliada ao uso de objetos virtuais: uma proposta para o ensino de estrutura atômica da matéria

Glaucio Jefferson Araújo Gomes

Prof. Dra. Claudia de Figueiredo Braga
(Orientadora)

Monografia apresentada a coordenação dos cursos de graduação em química, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Química pela Universidade Federal da Paraíba.

João Pessoa/PB
2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G633a Gomes, Glaucio Jefferson Araujo.

Aprendizagem cooperativa aliada ao uso de objetos virtuais: uma proposta para o ensino de estrutura atômica da matéria / Glaucio Jefferson Araujo Gomes. - João Pessoa, 2019.
57 f.

Orientação: Claudia de Figueiredo Braga Braga.
Monografia (Graduação) - UFPB/CCEN.

1. metodologias ativas. 2. jigsaw. 3. objetos virtuais de aprendizagem. I. Braga, Claudia de Figueiredo Braga. II. Título.

UFPB/CCEN

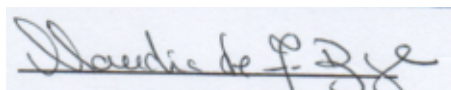
GLAUCIO JEFFERSON ARAUJO GOMES


**Aprendizagem cooperativa aliada ao uso de objetos virtuais:
uma proposta para o ensino de estrutura atômica da matéria**

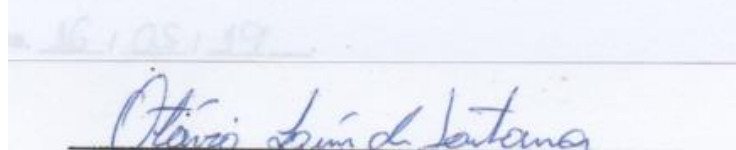
Monografia apresentada a coordenação dos cursos de graduação em química, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Química pela Universidade Federal da Paraíba.

João Pessoa, 16 de maio de 2019

BANCA EXAMINADORA


Assinatura do orientador


Assinatura do Avaliador

16/05/19

Assinatura do Avaliador

RESUMO

Aprendizagem cooperativa aliada ao uso de objetos virtuais: uma proposta para o ensino de estrutura atômica da matéria

As escolas almejam oferecer aos alunos uma formação integral que, além dos conteúdos programáticos das disciplinas, contemple questões que envolvem ética, cidadania e o desenvolvimento de habilidades fundamentais à futura atuação no mercado de trabalho. Para isso, tornar o aluno parte ativa no processo de ensino-aprendizagem é um importante caminho para a obtenção de uma formação de qualidade. Ao oferecer aos alunos as condições necessárias para que aprendam em conjunto, de forma mais autônoma e participativa, a escola proporciona a oportunidade de interagir e compartilhar ideias, estimulando a compreensão individual e mútua sobre o papel do aluno no desenvolvimento individual e coletivo. A compreensão de temas que envolvem conceitos mais abstratos que são comumente apresentados como de difícil compreensão pelos alunos pode ser auxiliada pelo uso de objetos virtuais de aprendizagem. Este trabalho visa estudar como a aprendizagem cooperativa aliada ao uso de objetos virtuais de aprendizagem pode contribuir para o conhecimento da estrutura atômica da matéria. A estratégia metodológica adotada envolve a utilização de metodologias ativas pela aplicação do método *Jigsaw* aliado à utilização de objetos virtuais de aprendizagem voltados ao ensino de química. As atividades em sala de aula abrangeram cerca de 60 alunos do ensino médio de uma escola da rede estadual em João Pessoa. Os resultados obtidos apontam que o uso de objetos virtuais associado à proposta de atividade cooperativa contribuiu de forma significativa para a aprendizagem do tema estudado. Além das habilidades associadas ao aprendizado de temas previstos nos currículos, o uso de metodologias ativas favorece o desenvolvimento de habilidades do domínio sócio emocional como protagonismo e o autodidatismo que são essenciais à formação de profissionais adequados às necessidades da sociedade atual.

Palavras chave: metodologias ativas; *jigsaw*; objetos virtuais de aprendizagem; modelos atômicos.

ABSTRACT

Cooperative learning allied to the use of virtual objects: a proposal for the teaching of the atomic structure of matter

The schools aim to offer students a comprehensive education that, besides the programmatic contents of the disciplines, includes issues that involve ethics, citizenship and the development of skills fundamental to future work in the labor market. For this, making the student an active part in the teaching-learning process is an important way to obtain a quality education. By providing students with the necessary conditions for them to learn together, in a more autonomous and participatory way, the school provides the opportunity to interact and share ideas, stimulating individual and mutual understanding about the student's role in individual and collective development. The understanding of themes involving more abstract concepts that are commonly presented as difficult to understand by students can be aided by the use of virtual learning objects. This work aims to study how cooperative learning combined with the use of virtual learning objects can contribute to the knowledge of the atomic structure of matter. The methodological strategy adopted involves the use of active methodologies through the application of the Jigsaw method and the use of virtual learning objects aimed at teaching chemistry. Classroom activities included about 60 high school students from a public school in Joao Pessoa. The results obtained indicate that the use of virtual objects associated with cooperative activity contributed significantly to the learning of the theme. In addition to the skills associated with learning curriculum themes, the use of active methodologies favors the development of skills of the social and emotional domain as protagonism and self-learning that are essential to the formation of professionals adapted to the needs of today's society.

Key words: active methodologies; jigsaw method; learning virtual objects; atomic models.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo geral	8
2.2 Objetivos específicos	8
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
3.1 Metodologias ativas.....	10
3.2 Aprendizagem cooperativa	11
3.3 Metodologia Jigsaw	13
3.4 Objetos virtuais de aprendizagem.....	15
4. METODOLOGIA	18
4.1 Planejamento e organização das atividades.....	18
4.2 Aula 1: O método científico e concepções prévias sobre átomo.....	19
4.3 Estratégia didática	21
4.4 Metodologia tradicional com uso de OVA na Turma A	22
4.5 Metodologia cooperativa de aprendizagem jigsaw (turmas B e C)	23
4.6 Avaliação de aprendizagem	25
5. RESULTADOS	26
5.1 Avaliação prévia.....	26
5.2 Opinião dos alunos	31
5.3 Uso dos objetos virtuais nas aulas com metodologia expositiva.....	33
5.4 Contribuições dos objetos virtuais de aprendizagem	33
5.5 Aplicação da metodologia de aprendizagem cooperativa	39
5.6 Avaliação da aprendizagem	41
5.7 Avaliação da metodologia.....	46
6. CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS	56

1. INTRODUÇÃO

A escola apresenta atualmente funções que vão além de simplesmente propiciar a aprendizagem de conteúdos definidos pelas matrizes curriculares das disciplinas. A formação integral dos alunos passa também pelas questões que envolvem ética, cidadania e o desenvolvimento das habilidades necessárias à futura atuação no mercado de trabalho. Dessa forma, é imprescindível que as escolas ofereçam uma formação ampla que contribua para o desenvolvimento de indivíduos profissionalmente eficientes e também comprometidos com os valores sociais e princípios de solidariedade^[1].

As ciências estão tão presentes no cotidiano e de forma tão natural que muitas vezes nem percebemos. Ao ler uma bula de remédio ou entender a conta de luz, e quais os hábitos e equipamentos que a fazem ficar mais dispendiosa, fazemos uso de conhecimentos científicos básicos que usamos cotidianamente quase sem perceber. Ter uma alfabetização científica adequada nos proporciona um melhor entendimento do mundo em que vivemos além de nos permitir opinar de maneira mais consciente sobre vários temas como uso de alimentos transgênicos, tecnologia nuclear, alternativas energéticas, produção de alimentos, aborto, abastecimento público, poluição, mudanças climáticas e etc. ^[2].

Por ser tão abrangente, o estudo de ciências tem forte caráter interdisciplinar em muitas vezes demanda, dentre outras habilidades, a realização de cálculos, o emprego de regras, fórmulas e conceitos abstratos. Como consequência disso, muitos alunos relatam uma grande dificuldade em absorver e aplicar os conceitos dessa área do conhecimento, porque para muitos destes o aprendizado de ciências é marcado pela falta de conexão com o cotidiano e algumas vezes pela resistência ao uso dos recursos tecnológicos por parte de muitos professores^[3,4]. Além disso, o caráter fortemente abstrato e não intuitivo relativamente comum no estudo destas disciplinas, especialmente da química, demanda ao aluno raciocinar sobre diferentes aspectos que exigem um nível de abstração que a maioria dos estudantes do ensino médio ainda não desenvolveu completamente ^[5]. Apesar da atual busca por abordagens que possibilitem uma compreensão mais ampla de temas abstratos, observa-se que com as metodologias atualmente utilizadas muitos estudantes ainda apresentam dificuldades no entendimento de temas como as propriedades da matéria num nível microscópico e a relação com seu cotidiano^[6].

Como alternativa na minimização desta problemática, tem sido cada vez mais frequente a utilização de objetos virtuais de aprendizagem, instrumentos que oferecem auxílio ao ensino e compreensão desse e de outros temas [7,8]. Essas ferramentas podem ser empregadas para auxiliar o aprendizado fornecendo suporte aos estudantes, engajando-os em atividades escolares dinâmicas e interativas que oferecem oportunidade para o aprofundamento, reflexão, revisão e conseqüentemente melhor compreensão de temas considerados de difícil compreensão ao se fazer uso dos métodos tradicionais [9].

Além disso, entende-se que tornar o aluno parte ativa no processo de ensino-aprendizagem é um importante caminho para possibilidade de desenvolvimento de uma formação mais eficaz [10]. Nesse contexto, as estratégias didáticas de caráter cooperativo surgem como uma alternativa que propicia alcançar uma formação mais abrangente e que vá além do aprendizado de conteúdos acadêmicos. A ideia central destes métodos consiste em oferecer as condições necessárias para que os alunos aprendam em conjunto de forma mais autônoma e participativa. Um dos maiores benefícios da utilização desse modelo de aprendizagem é o forte caráter social que ele carrega, já que nele os estudantes têm oportunidade de interagir e compartilhar ideias, melhorando sua compreensão individual e mútua sobre seu papel no desenvolvimento individual e coletivo [11].

Este trabalho visa estudar como as metodologias ativas, e de maneira especial o uso da aprendizagem cooperativa, podem contribuir para a melhoria do processo de aprendizagem no estudo da estrutura atômica da matéria. Além disso, objetiva verificar como o uso de objetos virtuais de aprendizagem podem contribuir de forma significativa para a melhor compreensão de temas que envolvem conceitos mais abstratos que são comumente apresentados como de difícil compreensão pelos alunos.

Além das habilidades associadas ao aprendizado de temas previstos nos currículos estima-se que o uso de metodologias ativas, como métodos de aprendizagem cooperativa, favorece o desenvolvimento de habilidades do domínio sócio emocional. À medida que mesmo em meio às dificuldades os estudantes são estimulados a persistir na busca de seus objetivos, competências como autoestima, perseverança e trabalho em equipe estão sendo trabalhadas contribuindo para o desenvolvimento pessoal e coletivo de todos os indivíduos envolvidos nestas atividades [12].

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar os benefícios ao processo de aprendizagem, proporcionados pela aplicação da metodologia *jigsaw* aliada à utilização de objetos virtuais de aprendizagem no ensino do conteúdo de estrutura atômica.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Avaliar as concepções prévias sobre átomo dos alunos do 1º ano do ensino médio comparando-as com a teoria atualmente aceita;
- ✓ Avaliar a eficácia de diferentes estratégias de ensino em relação ao processo de aprendizagem do tema estrutura atômica;
- ✓ Desenvolver o conteúdo de modelos atômicos em sala de aula;
- ✓ Aplicar a metodologia *jigsaw* associada a objetos virtuais de aprendizagem;
- ✓ Desenvolver habilidades de cooperação, trabalho em equipe e investigação;
- ✓ Aprofundar o entendimento do método científico e a evolução do conhecimento científico a partir do entendimento dos principais modelos atômicos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os avanços e melhoria da qualidade de vida que nossa sociedade tem experimentado estão intimamente ligados ao desenvolvimento das ciências exatas, e de maneira especial a química. A produção de medicamentos que reflete na elevação da expectativa de vida e a criação de novos materiais, que permitem avanços nos ramos da comunicação e transporte, são exemplos de como o desenvolvimento dessas ciências afeta as nossas vidas. Dessa forma, é importante considerar que a continuidade desses avanços depende também de despertar nas novas gerações o interesse por temas ligados a essas áreas ^[13]. Nesse contexto a escola aparece como um importante ambiente incentivador que pode ser responsável por despertar o interesse de muitos jovens pela ciência.

Geralmente é nas escolas que os alunos têm o primeiro contato com o método científico e sua importância para nossa sociedade. Esse contato normalmente se aprofunda no ensino médio, que é a fase em que se espera maior diversificação de situações-problema enfrentadas, incluindo aquelas que permitam aos jovens a aplicação de modelos com maior nível de abstração e de propostas de intervenção em contextos mais amplos e complexos. Neste processo, o professor assume papel fundamental. Os desafios da docência passam pela necessidade de articular saberes científicos, pedagógicos e tecnológicos, por meio da aplicação de uma prática pedagógica que conduza os alunos ao desenvolvimento das habilidades de análise, reflexão e crítica, bem como as habilidades sociais que permitem compartilhamento dos saberes adquiridos^[14, 6].

Atualmente acompanhar as metodologias de ensino empregadas em sala tem se tornado tão importante quanto o monitoramento do cumprimento dos conteúdos dos currículos adotados. Dada a necessidade de que a escola cada vez mais se converta de simples locais de transmissão de informação para verdadeiros ambientes de debates e produção de informação^[15], adotar as metodologias adequadas permitem que o ambiente escolar preste verdadeiramente o serviço a que se propõe, e consiga incentivar o gosto pelo saber científico.

3.1 Metodologias ativas

Muitas metodologias de ensino que já foram largamente utilizadas tornaram-se incompatíveis com o mundo atual. A constante necessidade de inovação e dinamismo, cuja ausência pode levar o aluno rapidamente a desmotivação, é um dos fatores que pesam na definição das maneiras mais adequadas de se transmitir conhecimento. A figura do professor detentor de todo o conhecimento e singular fonte de informação vai cedendo lugar ao educador que fornece as ferramentas adequadas e consegue guiar o processo de busca e aquisição do saber protagonizado pelo aluno^[16].

Objeto de estudo de teóricos da Educação, as metodologias ativas proporcionam uma educação libertadora, não bancária, que tem como foco o aprendizado do estudante. As metodologias ativas consistem em “processos interativos de conhecimento, análise, estudos, pesquisas e decisões individuais ou coletivas, com a finalidade de encontrar soluções para um problema”. Esses processos podem ocorrer pelo uso de variadas metodologias como, investigação, trabalho em campo, aprendizagem por problemas, uso de tecnologias da informação, ou emprego de metodologias cooperativas. Neste sentido, as práticas pedagógicas que fazem uso das tecnologias associadas à aprendizagem cooperativa configuram-se como uma importante ferramenta no desenvolvimento da autonomia, e por consequência, o protagonismo dos estudantes que as experimentam ^[17 - 20].

As metodologias ativas visam trazer o estudante para centro do processo de aprendizagem de maneira que, ao participar ativamente desse processo, este aluno se torna corresponsável pela construção do próprio conhecimento e colabora para o desenvolvimento dos saberes dos indivíduos que o cerca ^[21]. Estas metodologias se aproximam das atuais necessidades dos estudantes, pois neste caso o aprendizado geralmente é desenvolvido a partir de problemas que apontam para situações reais tão próximas quanto possível das que os alunos vivenciarão na vida profissional futura^[22].

Dentre os benefícios trazidos pela aplicação dessas metodologias podemos destacar o estímulo e desenvolvimento de habilidades como autodidatismo, confiança, protagonismo, senso crítico e espírito de colaboração. Todos estes benefícios são consequência da transformação na forma de conceber o aprendizado por parte de docentes e alunos^[21]. As metodologias ativas já vêm sendo

empregadas em várias áreas do conhecimento, sobretudo na educação superior em que normalmente se espera dos alunos um pouco mais de autonomia para execução das atividades. No ensino médio também observam-se bons resultados de aprendizagem e elevada aceitação dos estudantes no uso dessas metodologias, por exemplo com a aplicação do modelo de sala de aula invertida na disciplina de química^[23 - 25].

3.2 Aprendizagem cooperativa

O mercado de trabalho cada vez mais vem exigindo maior interação entre diferentes áreas de conhecimento, por meio de trabalho em equipe. Constantemente se percebe que os projetos que obtêm sucesso não são resultado da atuação de um indivíduo isolado, mas de uma equipe que se dedica a um objetivo comum. Nesse sentido, as metodologias de aprendizagem focada na competitividade e no individualismo são frequentemente criticadas por não favorecer a formação de indivíduos que atendam completamente as demandas da sociedade contemporânea^[26]. Por outro lado, o uso de metodologias voltadas ao trabalho em equipe vem crescendo, já que estas proporcionam a formação de alunos mais conscientes do seu papel tanto para a evolução de sua formação própria, como nas contribuições que ele pode fornecer ao desenvolvimento dos indivíduos que o cerca. Dentro das escolas o uso destas metodologias pode gerar grandes melhorias na autoestima dos indivíduos e fortalecer as relações interpessoais, conduzindo a formação de profissionais prontos a trabalhar em equipe e colaborar com o desenvolvimento de grandes projetos^[27].

Utilizados desde a década de 70, os métodos cooperativos mostraram-se tão ou mais eficientes que os métodos individuais e competitivos até então utilizados. Nas estratégias convencionais, geralmente o professor é a figura central e responsável pela transmissão do conteúdo, e os estudantes realizam alguma atividade individual que servirá como avaliação levando-se em conta um único critério que foi previamente estabelecido pelo professor para toda a turma^[12]. A novidade dos métodos cooperativos consiste no trabalho coletivo dos alunos em pequenos grupos, onde todos têm a oportunidade de participar de uma tarefa designada. Entende-se que, este trabalho pode proporcionar aos alunos um aprendizado que motiva a participação de investigações colaborativas^[28-30].

A aprendizagem cooperativa é uma estratégia que se baseia na intercolaboração a partir de grupos constituídos e o desenvolvimento dessa aprendizagem é favorecido quando alguns fatores são observados, tais como^[31,32]:

✓ **Interdependência positiva e responsabilidade individual:** o entendimento que todo o grupo deve trabalhar na busca de um objetivo comum. Assim, cada integrante além de responsável por seu aprendizado também se vê como parte fundamental para o aprendizado dos demais colegas;

✓ **Uso constante da interação promotora e desenvolvimento de habilidades sociais:** estabelecer diálogos dentro de grupos que permitam a interação com pessoas com diferentes níveis de entendimento do tema, para que as discussões favoreçam o desenvolvimento da comunicação para resolução de conflitos;

✓ **Processamento de grupo:** checagem da evolução da aprendizagem dos integrantes por meio de balanços regulares e sistemáticos que permitam observar e aperfeiçoar o melhor funcionamento do grupo. O processamento permite verificar quais habilidades sociais puderam ser desenvolvidas e quais demandam aperfeiçoamento para um máximo aproveitamento da atividade em grupo.

A formação de grupos heterogêneos de estudantes que debatem sobre o tema proposto mostra-se até mais eficaz para a aprendizagem que a simples resolução e discussão de problemas apenas com o professor^[33]. Acredita-se que o professor pode contribuir mais efetivamente se posicionar não apenas transmitindo o conhecimento, mas incentivando nos alunos o desenvolvimento da argumentação, e questionando sobre ações possíveis para resolução de problemas dentro de um grupo. A elaboração destes itinerários de resolução de demandas, sejam elas por via escrita ou oral, permite ao aluno maior engajamento e desenvolvimento de habilidades essenciais ao desenvolvimento pessoal e profissional^[34].

As metodologias cooperativas geralmente exigem do professor um conhecimento mais profundo da diversidade de suas turmas, uma vez que normalmente as equipes são montadas a partir de sugestões do docente. Além disso, o professor deve estar pronto para realizar a seleção dos materiais que

serão utilizados, levando em consideração a adequação da linguagem utilizada, o nível e às particularidades de aquisição do conhecimento de cada turma. O professor também tem que, além de fornecer as ferramentas necessárias ao desenvolvimento dos grupos, mediar conflitos e tentar sempre incentivar e mostrar que a cooperação é a chave para o alcance dos objetivos,^[33].

Pelas perspectivas de Piaget e Vygotsky as tarefas que promovem a interação entre os alunos melhoram o aprendizado porque proporcionam a possibilidade do desenvolvimento de conflitos cognitivos que expõem os alunos a pensamentos de alta qualidade^[35,36]. Segundo Slavin^[13], podemos agrupar os métodos de aprendizagem cooperativa em duas perspectivas teóricas principais: a perspectiva do desenvolvimento e a da motivação. Ele propõe uma teoria que enfatiza o papel do grupo na aprendizagem, já que nesse caso o aluno é convidado a oferecer assistência e explicações para os demais integrantes de seu grupo. No ponto de vista do desenvolvimento, o processo de aprendizado emerge da qualidade das interações entre os alunos envolvidos nas atividades colaborativas. Já na perspectiva motivacional, o aprendizado tem relação direta com as estruturas que cada grupo utiliza para conseguir suas recompensas ou objetivos^[37].

É importante ressaltar que para o efetivo aprendizado as atividades de cooperação são importantes tanto nas ações comunicativas ocorridas entre professor e aluno, quanto para os processos de aprendizagem cooperativa entre estudantes em grupos maiores. Para que isso ocorra é fundamental que o grupo possa coordenar seus pontos de vista, apresentar argumentos que justifiquem suas proposições, e isto só é possível em um ambiente de ampla discussão e efetiva apropriação do conhecimento.^[38]

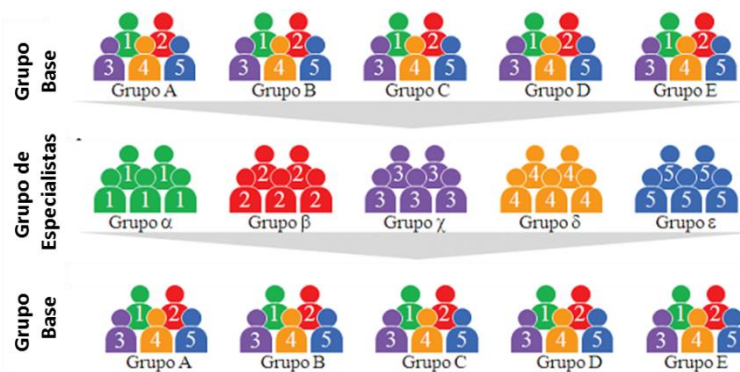
3.3 Metodologia Jigsaw

O **método Jigsaw** baseia-se na perspectiva motivacional, onde os alunos são envolvidos em pequenos grupos de estudo^[39]. Cada integrante se torna parte de um quebra cabeça (*jigsaw*), de maneira que o objetivo final do grupo está intimamente ligado ao trabalho de cada aluno.

Nesta técnica, o material didático é dividido em pequenas partes, nas quais cada membro de um grupo base é convidado a aprofundar seu estudo e posteriormente socializar esse conhecimento com os demais colegas. Todo esse processo pode ser dividido em três fases. Na primeira fase ocorre a divisão dos

alunos em grupos heterogêneos denominados grupos base (GB). Cada estudante recebe uma parte do material, devendo se dedicar a estudar e entender esse tema. Na segunda etapa, os alunos de diferentes grupos base que receberam a mesma parte do material didático se reúnem para aprofundar o estudo daquele tema, formando um grupo de especialistas (GE) naquele tema. Na terceira fase, os grupos de especialistas são desfeitos e cada um retorna ao seu grupo base com conhecimento aprofundado em uma parte do conteúdo. Cada aluno, agora especialista, socializa o conteúdo aprendido com seu grupo e aprende o que os demais colegas têm para lhe ensinar ^[40]. Um diagrama que ilustra o funcionamento deste método pode ser observado na **Imagem 1**.

Imagem 1 – Esquema da *organização dos grupos de trabalho* em atividade baseada no método *Jigsaw*.



Fonte: adaptado de Fatarellet al ^[41]

Dentro de um grupo base, visando fortalecer o trabalho cooperativo e as habilidades individuais de cada aluno, algumas funções também são distribuídas para organização do trabalho. Essas funções são: facilitador, relator, redator e porta-voz e tem relação direta com o material final a ser produzido pelo grupo para mostrar e avaliar o desenvolvimento do conhecimento sobre o tema proposto. Ao final da atividade, os alunos podem ser convidados a fazer um processamento grupal, observando os pontos positivos e negativos na execução das atividades propostas e como estas poderiam ser melhoradas para experiências futuras.

Em comparação com os métodos tradicionais o *jigsaw* apresenta algumas vantagens como, a simplicidade de aplicação, a possibilidade de utilização junto a outras estratégias metodológicas, e a funcionalidade mesmo quando se dispõe de curtos intervalos de tempo por dia ^[37].

3.4 Objetos virtuais de aprendizagem

Atualmente a utilização dos conteúdos digitais é vista como essencial na formação de estudantes nas mais diversas modalidades e níveis de ensino. As aplicações das Tecnologias de Informação e Comunicação têm afetado as metodologias de aprendizagem, produzindo mudanças consideráveis na maneira como as competências e habilidades são desenvolvidas dentro e fora das escolas [42]. Estima-se que a utilização das TICs, associada ao uso dos materiais didáticos já utilizados, pode contribuir de forma positiva para o processo de ensino aprendizagem de química e de outras disciplinas, permitindo uma ampliação considerável do potencial intelectual do aluno, tendo em vista que dessa forma ele passa a ser estimulado por diversos tipos de conteúdo [43].

Os Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVAs) são recursos que podem ser usados no auxílio ao processo pedagógico, trazendo informações que podem ser apresentadas em diferentes formas, tais como imagens, sons e gráficos [44]. Podemos dizer que um objeto virtual de aprendizagem contempla dois importantes aspectos do aprendizado: carregar um conceito a ser aprendido e estimular o desenvolvimento de capacidades que se seriam mais dificilmente trabalhadas utilizando uma metodologia tradicional[45].

Os OVAs já são uma realidade que beneficia professores e alunos tanto na educação presencial quanto na educação à distância, de acordo com cada realidade e necessidade. As possibilidades para a utilização dos OVAs vão desde a contemplação de um conceito isolado e simples até uma atuação mais ampla envolvendo percursos didáticos e teorias mais complexas [45,42]. Nesse contexto, as simulações computacionais apresentam-se como importantes ferramentas no auxílio à aprendizagem de conceitos científicos.

As vantagens destas simulações estão relacionadas ao processo de construção do conhecimento, uma vez que estas geralmente oferecem um ambiente interativo, onde o aluno pode observar resultados gerados pela manipulação de variáveis[46]. Nas simulações é possível observar um sistema que funciona segundo suas leis, teorias ou modelos que o descrevem, sem as inconveniências oferecidas pelo sistema real como limitações ou perigos[47]. Outro aspecto interessante sobre a utilização de OVAs é a possibilidade de que o estudante na maioria dos casos poder realizar várias tentativas, tendo a opção de recomeçar, questionar e redefinir estratégias para a abordagem do problema. Tudo isso pode

ser usado para aprofundamento do conhecimento e desenvolvimento das habilidades analíticas dos alunos [43].

É muito importante lembrar que um software não funciona automaticamente como simples desencadeador do processo de aprendizagem. Entende-se que o sucesso neste processo passa pela integração da ferramenta ao currículo e às atividades realizadas^[44] e, de maneira geral, esta integração é feita pelo professor. O computador funciona apenas como um meio complementar a outras abordagens, sendo o professor o grande responsável pela mediação entre o conhecimento científico e suas representações. Portanto, a eficácia de um software educativo depende do papel atribuído a este e da articulação pedagógica pensada pelo docente^[48].

Para o professor um dos maiores desafios está justamente na escolha dos OVAs mais adequados à realidade de cada turma. Deve-se levar em conta não simplesmente o conteúdo abordado, mas também critérios como faixa etária, nível da turma, afinidade com o tema e facilidade de trabalho com a metodologia selecionada. Outro fator a ser ponderado é se a metodologia escolhida também promove o desenvolvimento de habilidades relacionadas à interação e colaboração coletiva, tendo em vista que para que haja conversão efetiva da aprendizagem em conhecimento é importante a socialização do saber, que vai além da mera realização de tarefas predefinidas^[37,51].

Cabe ao professor a avaliação do benefício efetivo e as contribuições da utilização dos OVAs para o aprendizado dos alunos. Fatores como a percepção e motivação do discente, eficiência da metodologia empregada e necessidade de contribuições que completem o entendimento do tema estudado, dependem muitas vezes de uma intervenção docente, ainda que por abordagem tradicional desde que favoreça o aprendizado ^[42].

Dentro da perspectiva pedagógica os Objetos Virtuais de Aprendizagem podem ser analisados segundo a maneira como auxiliam o acesso ao conhecimento, facilitando as atividades de professores e alunos. Nesse sentido pode-se considerar fatores como a interatividade para desenvolvimento do raciocínio crítico, autonomia do usuário na realização das atividades, estímulo à cooperação e a demanda cognitiva associada ao uso da ferramenta. Também é possível classificar estes objetos pelo viés técnico que diz respeito às questões de padronização,

classificação, armazenamento, recuperação, transmissão e reutilização destas ferramentas.^[42,29]

Um recurso disponibilizado pelo Ministério da educação em parceria com várias instituições é o **Banco Internacional de Objetos Educacionais**, um portal para assessorar o professor onde estão disponíveis recursos educacionais gratuitos em diversas mídias e idiomas (áudio, vídeo, animação/simulação, imagem, hipertexto, softwares educacionais) que atendem desde a educação básica até a superior, nas diversas áreas do conhecimento. Trata-se de um repositório aberto que dispõe de mais de 19.000 objetos publicados que podem ser acessados gratuitamente. Lá podem ser encontrados objetos educacionais em vários formatos e para todos os níveis de ensino ^[28].

Outra importante fonte de simulações especialmente para temas de ciência é o projeto **PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder**. Este projeto foi fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman e cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As simulações PhET baseiam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo de jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta ^[32]. O site **The Concord Consortium** também apresenta algumas simulações em vários campos do conhecimento que visam trazer ao usuário um contato mais próximo com o mundo invisível por meio de interações no nível atômico e transformações de energia. Estas simulações foram desenvolvidas pelo projeto *Interactions* com financiamento da *National Science Foundation* em parceria com o *the CREATE for STEM Institute* da *Michigan State University*. *The Concord Consortium* consiste numa organização educacional sem fins lucrativos com sede em Concord, Massachusetts, e Emeryville, Califórnia que tem como missão incentivar melhorias em larga escala no ensino e aprendizagem através da tecnologia^[49].

4. METODOLOGIA

A estratégia adotada na realização deste trabalho envolve a utilização de metodologias ativas pela aplicação do método *Jigsaw* aliado à utilização de objetos virtuais de aprendizagem voltados ao ensino de química. Seguindo a proposta de Fachin^[50], buscou-se por meio do método comparativo estatístico a obtenção de generalizações que permitam avaliar o ganho de aprendizado por meio das diferentes abordagens. Os dados quantitativos e qualitativos foram coletados através de questionários avaliativos aplicados junto aos alunos antes e depois da execução da proposta metodológica. O tópico escolhido foi modelos atômicos, que se encontra inserido no tema estrutura atômica. Este tema pertence à grade curricular do 1º Ano do ensino médio e faz parte dos objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência para o ENEM.

4.1 Planejamento e organização das atividades

A primeira etapa deste trabalho envolveu os procedimentos ligados ao planejamento das aulas executadas, ao desenvolvimento e otimização dos questionários avaliativos. Além disso, realizou-se a organização do material didático auxiliar utilizado pelos alunos nas atividades em grupo, e a busca, teste e instalação dos objetos virtuais de aprendizagem nos computadores da escola.

Tabela 1 –Cronograma geral de atividades realizadas na execução de toda a proposta

Cronograma geral					
Atividades	1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês	5º Mês
Revisão bibliográfica	◆	◆	◆	◆	◆
Preparação das atividades	◆	◆			
Execução atividades em sala			◆		
Análise e tratamento dos dados			◆	◆	
Redação e apresentação do TCC			◆	◆	◆

Fonte: autoria própria

As atividades em sala de aula abrangeram aproximadamente 60 alunos distribuídos em três turmas do 1º ano do ensino médio de uma escola da rede estadual de ensino da cidade de João Pessoa (PB). As atividades foram

desenvolvidas em duas semanas que totalizaram 6 módulos/aula de 50 minutos. A distribuição das atividades realizadas pode ser visualizada na **Tabela 2**, que apresenta o Cronograma de todas as atividades realizadas em sala.

Tabela 2– Atividades realizadas em sala

Cronograma de atividades em sala						
Atividade	Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6
Aula introdutória com apresentação do tema	▲ ■ ●					
Aplicação da avaliação inicial (sondagem)	▲ ■ ●					
Apresentação da metodologia, das ferramentas que serão utilizadas e da questão motivadora.		▲ ■ ●				
Aulas expositivas com uso dos objetos virtuais		▲	▲	▲	▲	
Formação dos grupos base e discussão inicial sobre a questão motivadora		■ ●				
Formação dos grupos de especialistas e execução das atividades			■ ●			
Retorno dos especialistas aos GB e discussão grupal para resolução da questão motivadora				■ ●	■ ●	
Apresentação dos mapas conceituais						▲ ■ ●
Aplicação da avaliação final						▲ ■ ●

Atividades realizadas por: Turma A (▲); Turma B (■); Turma C (●).

4.2 Aula 1: O método científico e concepções prévias sobre átomo

Inicialmente todos os alunos participaram da aula de introdução que teve como tema, **Matéria: do macroscópico ao microscópico**. Nela foi apresentada a temática de estudo e realizou-se uma breve fundamentação teórica para as atividades a serem realizadas pelos alunos. Por metodologia expositiva dialogada foram abordados os tópicos como *osurgimento da ideia de átomo, a importância dos*

modelos para o estudo das ciências como a ciência evolui conforme se expandem as possibilidades de observação disponíveis.

Ao final desta aula, todos os alunos foram convidados à resolução de um questionário de sondagem que visava verificar o nível de conhecimento apresentado naquele momento, bem como qual a visão dos alunos acerca dos modelos atômicos mais conhecidos. O questionário avaliativo (**anexo A**) constou de sete questões e, no que tange aos tipos de questão, foi formulado da maneira mais abrangente possível, envolvendo questões objetivas de múltipla escolha, de verdadeiro/falso e de correlação de itens. Também foram formuladas algumas questões subjetivas envolvendo conceitos, análise crítica comparativa e cálculos simples.

As questões objetivas foram corrigidas considerando apenas dois níveis (*certo ou errado*), e as questões abertas foram corrigidas levando-se em consideração o atendimento a alguns critérios esperados para resolução, considerando-se três níveis: incorreta ou *não respondida*, *respondida parcialmente* ou *respondida corretamente*. Também foi solicitado aos alunos que definissem, de acordo com suas concepções naquele momento, um nível de dificuldade (1 a 5) para cada questão da avaliação diagnóstica, sendo nível 1 equivalente a “muito fácil” e nível 5 para uma questão considerada “muito difícil”.

Por fim, como estrutura atômica e modelos atômicos já é uma temática abordada desde as séries finais do ensino fundamental II, os alunos também foram convidados a responder uma pesquisa de opinião sobre o processo de aprendizagem deste tema, sobre estudo em grupo e a utilização dos diferentes tipos de ferramentas no estudo. Neste caso, fez-se uso da escala de Likert onde, por meio da resposta equivalente ao nível de concordância com afirmações, os alunos demonstravam suas opiniões sobre essas afirmações, e por consequência sobre o tema que elas tratam. Criada em 1932 pelo norte-americano Rensis Likert, a escala de Likert mede as atitudes e o grau de conformidade do respondente com uma questão ou afirmação. Neste caso foram utilizados 5 níveis de concordância: *Discordo totalmente*, *Discordo parcialmente*, *Indiferente*, *Concordo parcialmente* e *Concordo totalmente*.

4.3 Estratégia didática

Após a primeira aula, as três turmas foram separadas de acordo com a estratégia de trabalho adotada para a abordagem da temática de estudo. Foram estudadas as contribuições ao processo de aprendizagem trazidas pela aplicação das duas metodologias: aprendizagem cooperativa e pela utilização de ferramentas que consistem em objetos virtuais de aprendizagem. A **Tabela 3** apresenta a divisão das turmas de acordo com a abordagem que foi utilizada.

Tabela 3 – Divisão das turmas de acordo com a metodologia adotada

Turmas	Metodologia usada no desenvolvimento da temática
Turma A	Abordagem por metodologia expositiva (tradicional) aliada a utilização dos objetos virtuais de aprendizagem.
Turma B	Abordagem por metodologia cooperativa, sem a utilização dos objetos virtuais de aprendizagem.
Turma C	Abordagem por metodologia cooperativa, com a utilização dos objetos virtuais de aprendizagem pelos alunos.

Fonte: autoria própria.

Para os alunos que farão uso das ferramentas computacionais, na aula seguinte à aplicação do questionário de sondagem foram apresentadas as ferramentas educacionais escolhidas. Os Objetos Virtuais de Aprendizagem utilizados consistiram em reproduções virtuais dos experimentos executados por Thomson, Rutherford na elaboração dos seus respectivos modelos atômicos. Além disso, também foram utilizados outros objetos virtuais que trabalham a temáticas relacionadas a estrutura atômica como construção de moléculas, representação de processos químicos por meio de equações químicas, balanceamento de equações químicas, isótopos e fissão nuclear. As simulações foram obtidas principalmente no site do projeto *PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder*, e duas outras simulações usadas foram obtidas do site *The Concord Consortium*, sendo desenvolvidas pelo projeto *Interactions*.

Para os alunos que participaram da metodologia *jigsaw*, este momento também foi usado para a apresentação da metodologia e dos procedimentos a serem adotados nos encontros seguintes. Nas três turmas o percurso metodológico teve como ponto de partida seguinte questão motivadora:

Os modelos atômicos foram se modificando com a evolução da ciência. Apresente os três principais modelos atômicos propostos ao longo da história, mostrando as novidades, contribuições e limitações de cada um deles. Quais as influências desse conhecimento sobre nossas vidas?

Na ocasião lembrou-se aos alunos que o objetivo geral deste bloco de atividades é trabalhar a temática de estrutura atômica visando atender a estas demandas.

4.4 Metodologia tradicional com uso de OVA na Turma A

Após a apresentação da questão motivadora, na turma A o professor conduziu as quatro aulas seguintes recorrendo à metodologia expositiva dialogada. Neste caso os alunos também puderam junto com o professor fazer uso dos objetos virtuais de aprendizagem como ferramenta auxiliar. A **Tabela 4** mostra os temas trabalhados e os objetos virtuais utilizados em cada uma destas aulas.

Tabela 4 – Divisão das turmas de acordo com a metodologia adotada

Aula	Temas abordados na aula	Objetos virtuais utilizados na aula
Aula 2	Modelo atômico de Dalton	Construindo uma molécula Reagentes, Produtos e Excesso
	Representação das reações químicas	
	Lei da conservação da massa (Lavoisier)	
Aula 3	Experimentos com raios catódicos	Experimento Tubo de Crookes*
	Modelo atômico de Thomson	Explorando as propriedades dos elétrons*
	Natureza elétrica da matéria	Balões e Eletricidade Estática
Aula 4	Modelo atômico de Rutherford	Espalhamento de Rutherford Monte um Átomo
	Partículas subatômicas	
	Conceito moderno de elemento químico	
Aula 5	Breve histórico da radioatividade	Isótopos e Massa Atômica Fissão Nuclear
	Numero atômico e massa atômica	
	Isótopos, isóbaros e isótonos	

*: Simulações desenvolvidas por *Interactionsproject* em parceria com *CREATE for STEM Institute(Michigan StateUniversity)* [49]. Todas as demais simulações são do *PhETInteractiveSimulations(Universityof Colorado)* [32].

Neste caso toda a turma apenas observou a utilização das ferramentas pelo professor, conforme o avanço dos conteúdos vistos de acordo com o planejamento para as aulas. Ao final destas cinco aulas, toda a turma foi convidada a refletir

novamente sobre a pergunta inicial ficando um espaço aberto para os que desejassem comentar ou fazer algum questionamento que achasse conveniente. Por fim foi solicitado que eles elaborassem em seu caderno uma resposta para a pergunta motivadora.

4.5 Metodologia cooperativa de aprendizagem jigsaw (turmas B e C)

Formação dos grupos base

Foram formados grupos base (GB) compostos por alunos escolhidos aleatoriamente. Visando garantir a participação ativa de todos os membros, adaptando a metodologia proposta por Fatoreli^[41], foram distribuídos entre os membros de cada grupo os papéis de redator, mediador e relator. Sugestões das atribuições foram feitas pelo professor baseando-se no conhecimento prévio dos alunos, mas os alunos também puderam opinar sobre estas atribuições desde que houvesse comum acordo no grupo e todos os papéis fossem preenchidos. Após a divisão dos papéis, a questão motivadora foi apresentada aos grupos, sendo solicitado que eles realizassem uma pequena discussão acerca dela baseado naquilo que já viram sobre o tema.

Formação dos grupos de especialistas

Foram formados quatro grupos especialistas (GE) compostos por um integrante de todos os GB. Conforme a metodologia proposta, estes alunos receberam o material didático composto por tópicos específicos para trabalhar determinado tema. Com auxílio do professor estes alunos desenvolveram as atividades propostas visando aprofundar seu conhecimento neste tema e posteriormente levar aos GB. Nas duas turmas (B e C) a divisão dos temas foi a mesma e cada GE recebeu um tema que foi equivalente a uma aula expositiva da turma A. Na turma B os alunos receberam apenas o material escrito para que pudessem fazer o estudo dos temas e com a ajuda do professor desenvolver suas habilidades sobre os temas específicos propostos. O que diferencia os grupos especialistas da turma C é o fato de eles também terem acesso aos objetos virtuais de aprendizagem utilizados nas aulas, porém os tópicos e os textos fornecidos são os mesmos para todas as turmas. As divisões dos conteúdos e os objetos virtuais disponibilizados são apresentados na **Tabela 5** a seguir.

Tabela 5 – Divisão dos temas nos grupos especialistas (GE) e OVA utilizados

Grupo	Temas trabalhados pelo grupo especialista (Turmas B e C)	Objetos virtuais usados pelo grupo especialista (apenas Turma C)
GE1	Modelo atômico de Dalton	Construindo uma molécula Reagentes, Produtos e Excesso
	Representação das reações químicas	
	Lei da conservação da massa (Lavoisier)	
GE2	Experimentos com raios catódicos	Experimento Tubo de Crookes*
	Modelo atômico de Thomson	Explorando as propriedades dos elétrons*
	Natureza elétrica da matéria	Balões e Eletricidade Estática
GE3	Modelo atômico de Rutherford	Espalhamento de Rutherford Monte um Átomo
	Partículas subatômicas	
	Conceito moderno de elemento químico	
GE4	Breve histórico da radioatividade	Isótopos e Massa Atômica Fissão Nuclear
	Numero atômico e massa atômica	
	Isótopos, isóbaros e isótonos	

*: Simulações desenvolvidas por *Interactionsproject* em parceria com *CREATE for STEM Institute (Michigan State University)* [49]. Todas as demais simulações são do *PhET Interactive Simulations (University of Colorado)* [32].

Neste caso, dentro da turma todos os grupos foram reunidos e trabalharam ao mesmo tempo seus respectivos temas com auxílio do professor.

Reunião dos grupos base

Após a realização de suas atividades no GE os alunos voltaram aos seus respectivos grupos base e apresentaram os conhecimentos adquiridos mostrando suas observações e conclusões aos demais integrantes de seu GB. O mediador de cada grupo gerenciou sua equipe de maneira que cada componente pode expor os conceitos discutidos no grupo de especialistas, garantindo que todos tomem conhecimento do que foi observado em todos os GE. Uma vez que todos os especialistas apresentaram o conteúdo de seu tópico, os alunos voltaram a discutir sobre a questão motivadora, para que pudessem aprimorar suas respostas e conclusões. A **Figura 1**, da seção fundamentação teórica, apresenta um esquema geral que resume estas etapas da metodologia cooperativa. Ao final da discussão, os grupos organizaram suas respostas a questão motivadora, para que possam ser entregues.

4.6 Avaliação de aprendizagem

Conforme exposto anteriormente, todos os alunos foram convidados à resolução de um questionário de sondagem após a aula introdutória. Assim, após a realização de todas as atividades os alunos (das três turmas) responderam ao mesmo questionário, agora com intuito de verificar a aprendizagem das turmas, e por fim avaliar a contribuição das metodologias aplicadas para o ganho na aprendizagem em relação ao início do processo.

Os alunos que participaram da metodologia *jigsaw* foram convidados a responder a uma pesquisa de opinião sobre o nível de satisfação, e aprendizagem por parte dos alunos. Ele também foi construído em escala Likert de cinco pontos tendo as mesmas alternativas: *Discordo fortemente*, *Discordo parcialmente*, *Indiferente*, *Concordo parcialmente* e *Concordo fortemente*.

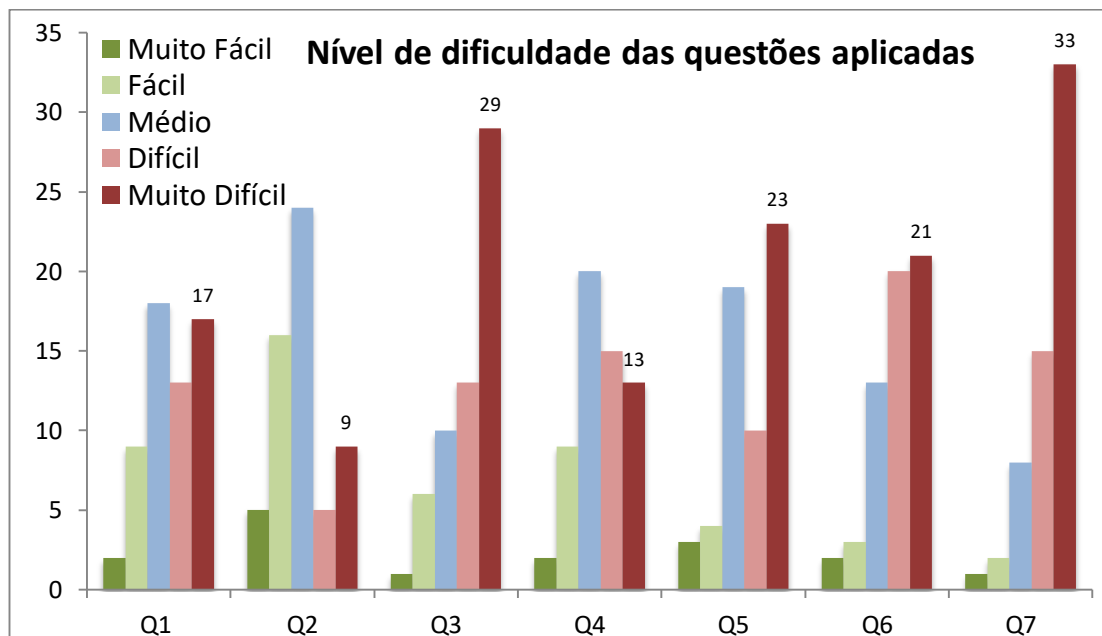
5. RESULTADOS

A execução desta atividade possibilitou aos discentes a oportunidade de se apropriar de forma efetiva dos conceitos que envolvem modelos atômicos e desenvolver sua capacidade de investigação, numa proposta de metodologia ativa colaborativa. Com isso obtiveram-se dados quantitativos e qualitativos que possibilitam uma avaliação das diferentes abordagens metodológicas empregadas.

5.1 Avaliação prévia

Os questionários da avaliação prévia foram aplicados a 59 alunos distribuídos nas três turmas, sendo 21 alunos do 1ºA, 17 no 1ºB e 21 alunos no 1ºC. Conforme proposto, o nível das questões foi avaliado pelos alunos numa escala de 1 a 5 que vai desde “muito fácil” até “muito difícil”. Os resultados das respostas dos alunos para o nível das 7 questões aplicadas pode ser observado no **gráfico 1**.

Gráfico1 –Opinião dos alunos para o nível das questões da avaliação previa aplicada.



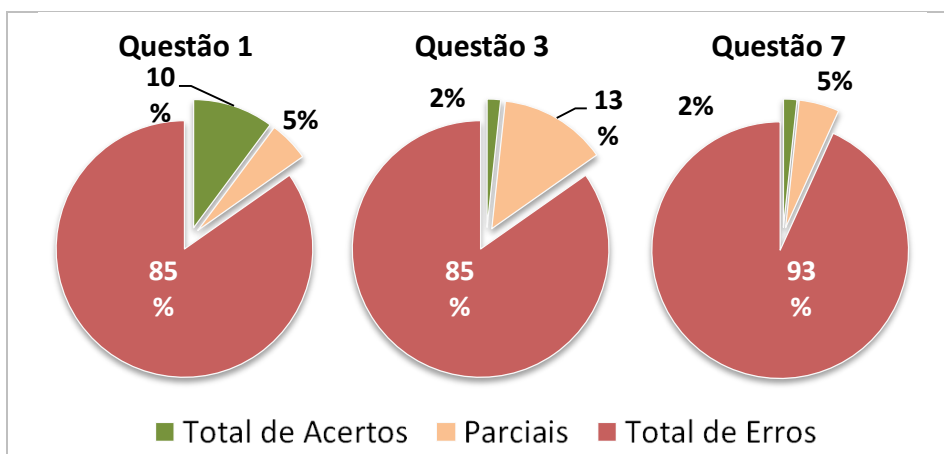
Fonte: autoria própria.

Observou-se que, apesar de os alunos já terem tido algum contato com esta temática nas series anteriores, nenhuma das questões foi considerada pela maioria como sendo fácil ou muito fácil. Apenas as questões 1, 2 e 4 foram consideradas pela maior partedos alunos como de nível médio, sendo as demais questões consideradas como muito difíceis pela maioria. Observou-se que os alunos não consideraram como mais fáceis apenas questões objetivas. Das avaliadas como

denível médio pela maioria, a primeira questão apresentava caráter subjetivo e as questões 2 e 4 eram objetivas. Das consideradas muito difíceis, a 5ª e 6ª eram objetivas e 3ª e 7ª subjetivas. A diferença mais expressiva foi observada para as questões 3 e 7 em que respectivamente 49% e 56% do total de alunos classificaram como sendo muito difícil. Este comportamento era esperado e provavelmente ocorreu porque a terceira questão era a única que demandava a realização de contas (ainda que básicas). A sétima questão exigia por parte do aluno uma visão mais ampla que deveria ser empregada para fazer uma comparação que ligava estes temas a conceitos de ligação e reações químicas. Uma avaliação mais detalhada das competências abordadas por cada questão será realizada mais adiante.

As questões subjetivas foram corrigidas considerando-se três níveis de assertividade: incorreta ou não respondida, respondida parcialmente ou respondida corretamente. Para isso levou-se em consideração o atendimento a alguns critérios que demonstrassem o domínio dos conhecimentos necessários a resolução daquela questão. A questão 1 buscou verificar se o aluno consegue estabelecer uma diferença entre um elemento químico isolado e moléculas, por meio do entendimento que o gás oxigênio é uma molécula formada por átomos desse elemento. A questão 3 solicitava ao aluno que determinasse o número de prótons, elétrons e nêutrons de uma espécie catiônica. Ela visava observar se o aluno consegue definir o número de entidades subatômicas a partir de informações como número atômico, massa atômica e a carga de um íon. Além disso, verificava a compreensão da relação entre a carga de um cátion e o número de elétrons da espécie química. A 7ª questão observava se o aluno conseguia diferenciar os processos radioativos das reações comuns, demonstrando entendimento de que enquanto que os processos radioativos envolvem o núcleo atômico, as reações comuns envolvem apenas a eletrosfera dos elementos, que atua na quebra/formação de ligações químicas. Os resultados para estas três questões obtidos após a avaliação inicial podem ser observados no **gráfico 2**.

Gráfico2 –Resultados da avaliação prévia aplicada junto aos alunos.

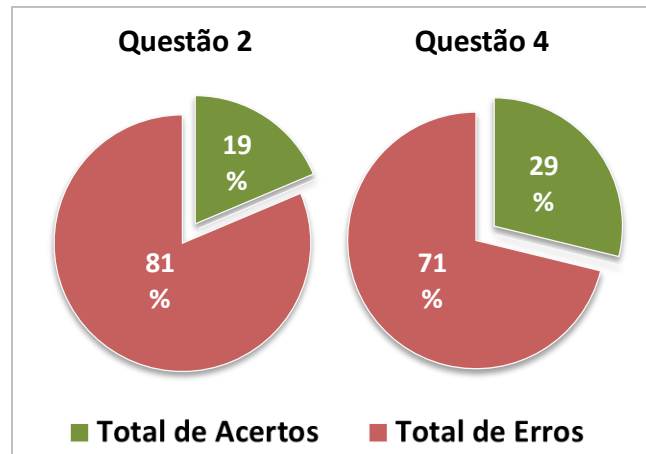


Fonte: autoria própria

Verificou-se que a maior parte dos alunos inicialmente não apresentava um conhecimento claro sobre a estrutura atômica da matéria e suas propriedades. As respostas obtidas (ou a ausência delas) nos questionários aplicados demonstraram pouco entendimento sobre a estrutura dos átomos. Alguns alunos (cerca de 13%) demonstraram compreender bem a relação entre o número atômico e o número de prótons de um elemento, mas a relação entre quantidade de prótons e nêutrons com a massa atômica já não era tão clara para muitos desses. Os resultados Também demonstram que a grande maioria dos alunos ainda não era capaz de fazer alguma distinção, ainda que parcial, entre os processos radioativos e as reações comuns, de maneira que muitos se quer tentaram resolver a questão associada a este conhecimento.

As questões objetivas foram corrigidas considerando-se apenas dois níveis (certo ou errado). A questão 2 avaliava se o aluno compreende que um elemento químico é definido atualmente pelo número de prótons que ele apresenta, ainda que o numero de nêutrons e elétrons varie. A questão 4 verifica se aluno reconhece a ideia de núcleo proposta por Rutherford como uma das mais importantes contribuições deste modelo para a compreensão da estrutura atômica da matéria. Os resultados obtidos após a avaliação inicial para estas questões podem ser observados no **gráfico 3** abaixo. Observamos que grande parte dos alunos tem dificuldade para entender com clareza o conceito moderno de elemento químico, bem como compreender que a novidade trazida pelo modelo atômico de Rutherford consistem em o átomo ser formado por um núcleo muito denso contendo carga positiva, cercado de partículas de carga negativa.

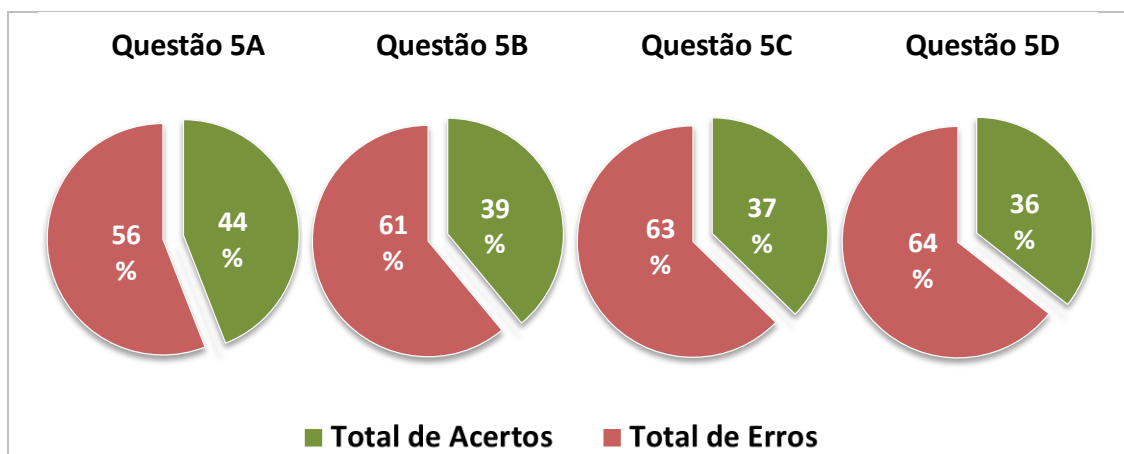
Gráfico3 –Resultados da avaliação prévia aplicada junto aos alunos.



Fonte: autoria própria

A 5ª questão visa, por meio da correlação dos nomes às particularidades de cada modelo, verificar se o aluno reconhece as principais características dos modelos atômicos propostos por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Apesar de se observar uma redução da proporção de erros, ainda verifica-se que a maioria dos alunos tem dificuldade de associar as características dos principais modelos atômicos aos nomes que os representam.

Gráfico4 –Resultados da avaliação prévia aplicada junto aos alunos.



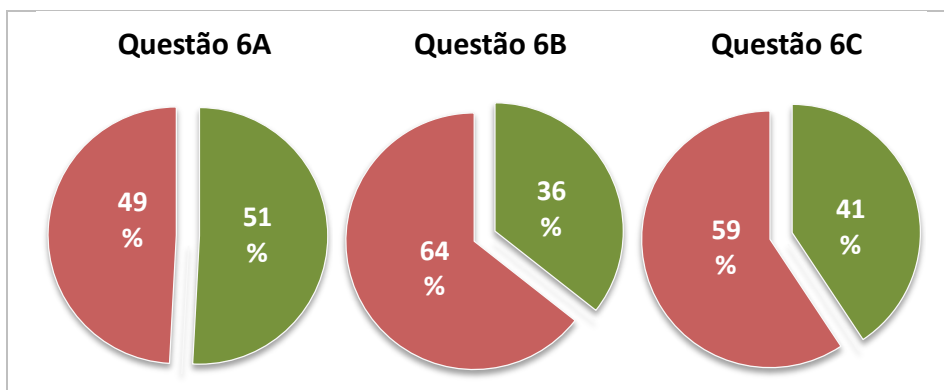
Fonte: autoria própria

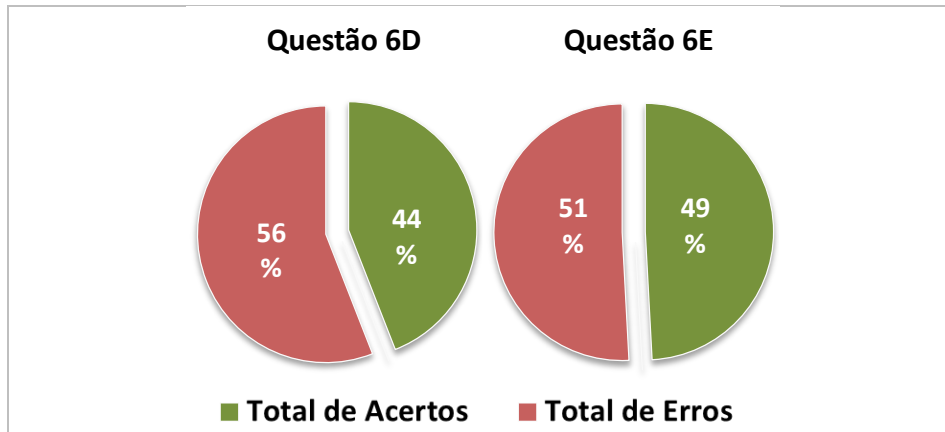
A 6ª questão solicitava ao aluno que assinalasse verdadeiro ou falso em algumas afirmações com intuito de verificar se o aluno dominava os seguintes conhecimentos:

- ✓ Apesar do termo usado por Demócrito para nomear as estruturas fundamentais da matéria ainda ser utilizado, o aluno entende que o átomo atualmente é considerado como divisível, apresentando partículas subatômicas já conhecidas?
- ✓ O aluno entende que as ideias de Dalton para o átomo são suficientes para a explicação do princípio de Lavoisier e do balanceamento de massa em uma reação química?
- ✓ O aluno reconhece o caráter dinâmico do conhecimento científico enxergando a evolução dos modelos atômicos como exemplo de como a ampliação das possibilidades de observação pode trazer novas teorias sobre determinado fenômeno?
- ✓ O aluno entende que os experimentos com raios catódicos possibilitaram a descoberta dos elétrons e que estes apresentam carga negativa?
- ✓ O aluno compreende que, de acordo com Rutherford, o núcleo é muito denso e contribui quase que com toda a massa associada ao átomo, e que a eletrosfera é responsável quase que pela totalidade do volume atômico?

Os resultados obtidos após a avaliação inicial para esta questão podem ser observados na **gráfico 5** que segue.

Gráfico 5 – Resultados da avaliação prévia aplicada junto aos alunos.





Fonte: autoria própria

Ao avaliar os resultados obtidos para os itens da questão 6, observamos que esta foi a única em que a maior parte da turma conseguiu responder corretamente alguns itens. A maioria dos alunos demonstrou entender que, apesar do nome e da teoria original sugerir que a matéria é formada por átomos indivisíveis, as partículas subatômicas são fato apoiado pelas teorias mais atuais. Boa parte dos alunos também demonstrou compreender a relação entre o tamanho do núcleo e o volume atômico segundo as ideias de Rutherford. No que diz respeito à compreensão da relação do modelo de Dalton com o princípio da conservação da massa, do caráter dinâmico do conhecimento científico, e das conclusões dos experimentos com raios catódicos a maior parte da turma ainda demonstrou um conhecimento pouco apurado que precisa ser melhorado.

5.2 Opinião dos alunos

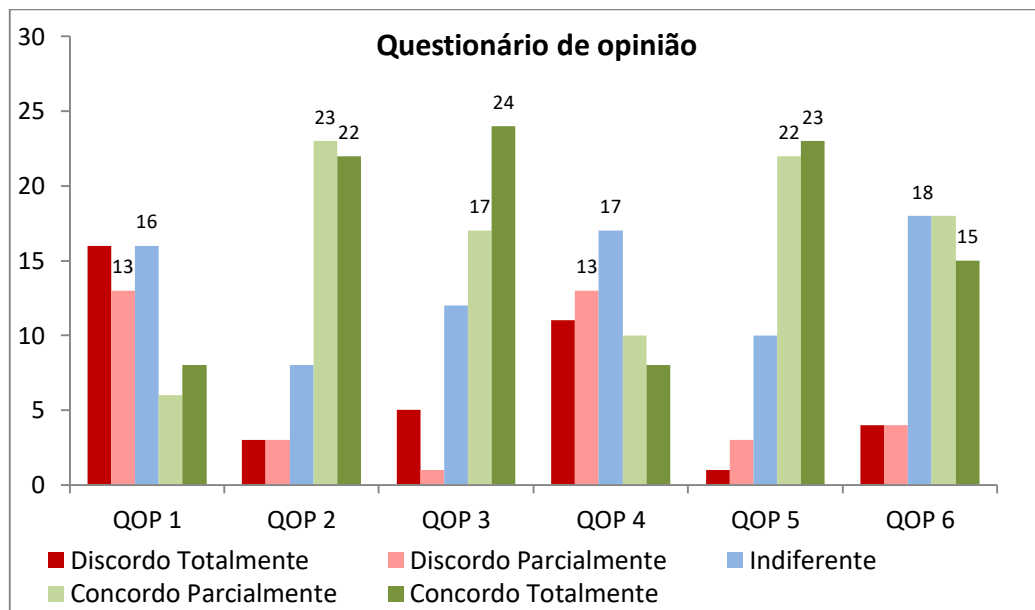
Os alunos responderam a pesquisa de opinião inicial sobre o processo de aprendizagem, estudo em grupo e a utilização de diferentes tipos de ferramentas de aprendizagem. As afirmações contidas nesta pesquisa de opinião estão mostradas no quadro abaixo.

Considerando minhas concepções prévias sobre esta temática e, após realizar a avaliação diagnóstica, posso dizer que eu:	
QOP ₁	Considero que este tema pode ser estudado individualmente, não sendo produtivo o estudo em grupo.
QOP ₂	Acredito que aplicativos de computador são interessantes para aprender este tema.
QOP ₃	Acho que estudos em grupos são úteis para aprender este tema.
QOP ₄	Julgo que os livros didáticos são suficientes para estudar este tema.

QOP5	Considero que a pesquisa em internet é importante para estudar este tema.
QOP6	Creio que as aulas expositivas são suficientes para aprender este tema.

O **gráfico 6** apresenta o resultado geral obtido a partir das respostas de todos os alunos a este questionário.

Gráfico6 –Resultados ao questionário de opinião aplicado



Fonte: autoria própria

As respostas aos questionários de opinião permitiram verificar que, em relação ao estudo em grupo, 75% dos alunos demonstraram concordância que o estudo em grupo é importante para o aprendizado de modelos atômicos (afirmação 1), enquanto que ao se afirmar em outra questão que o estudo em grupo é improdutivo para o aprendizado deste tema (afirmação 3), cerca de 45% dos alunos discordou enquanto que apenas 25% concordou.

Aproximadamente 76% dos alunos concorda que aplicativos de computador são interessantes para estudar este tema e 10% demonstrou discordância quando isto é afirmado. Quanto ao papel da internet no processo de aprendizagem, 76% dos alunos também concordaram que a pesquisa na internet é relevante para o estudo deste tema enquanto que 7% demonstrou discordância quando isso era afirmado. No que se refere ao papel do livro didático, 41% demonstrou algum nível de

discordância (dois níveis somados) de que o livro é suficiente para o aprendizado deste tema e 29% mostrou-se indiferente a essa afirmação.

Ao se afirmar que as aulas tradicionais são suficientes para o aprendizado deste tema, aproximadamente 56% dos alunos demonstrou algum nível de concordância que aulas tradicionais são suficientes e 31% mostrou-se indiferente a esta afirmação.

5.3 Uso dos objetos virtuais nas aulas com metodologia expositiva

As aulas tradicionais com utilização dos objetos virtuais de aprendizagem como material suplementar foram realizadas de forma satisfatória. A cada aula o conteúdo foi apresentado juntamente com as simulações sendo usadas pelo professor para suplementar os princípios trabalhados.

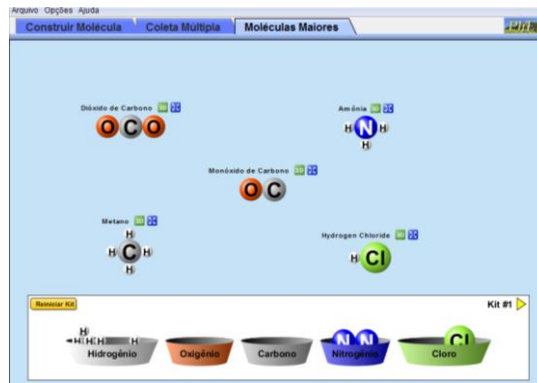
Durante estas aulas a turma mostrou-se sempre atenta a explicação. Porém observou-se pouca curiosidade por parte dos alunos quanto aos parâmetros das simulações (que poderiam ser modificados). Por exemplo, durante a demonstração do modelo atômico de Rutherford ninguém questionou o que aconteceria se a quantidade de partículas positivas no núcleo fosse elevada ou reduzida ou, durante a utilização do objeto virtual que permite montar um átomo, o que ocorreria se muitos nêutrons fossem adicionados ao núcleo sem que mais prótons fossem adicionados. Talvez pelo caráter fortemente expositivo destas aulas, verificou-se que os alunos viam as simulações apenas como uma ilustração do que estava sendo ensinado e sem muito espaço para testes e modificações.

5.4 Contribuições dos objetos virtuais de aprendizagem

Nas duas turmas em que se fez uso de OVAs (A e C) foram utilizados os mesmos recursos, diferenciando-se apenas que no primeiro caso apenas professor as executava e no segundo os alunos também faziam uso conforme as indicações. Estes objetos virtuais foram selecionados de maneira a contribuir de maneira significativa ao entendimento de vários dos temas que seriam trabalhados em sala de aula e posteriormente avaliados.

Construa uma Molécula

Imagem2 –Tela do objeto virtual utilizado Construa uma Molécula do grupo Phet

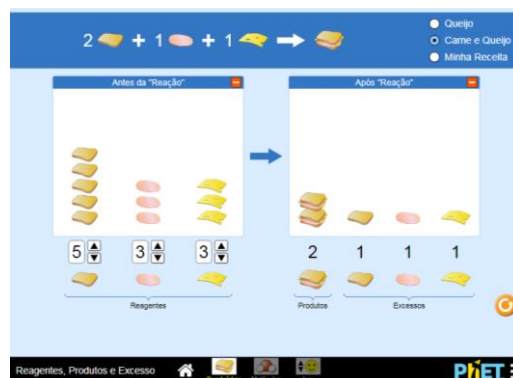


Fonte:phet.colorado.edu (2019)

Nesta simulação os alunos puderam trabalhar os temas mais básicos que envolvem a formação de moléculas. Usando este OVA os alunosconstruíram várias moléculas a partir de conjuntos de átomos, o que facilitou o entendimento das diferenças básicas entre átomos e moléculas conceito básico, mas ainda pouco compreendido para maioria dos alunos, de acordo com a avaliação inicial realizada. Também foi possível entender de maneira mais lúdica o que representam os índices em uma fórmula molecular além de reconhecer que o coeficiente indica o número total de moléculas em um sistema qualquer.

Reagentes, Produtos e Excesso

Imagem3 –Tela do objeto virtual Reagentes, Produtos e Excesso



Fonte:phet.colorado.edu (2019)

“Crie seu próprio sanduíche e depois veja quantos sanduíches você pode fazer com diferentes quantidades de ingredientes. Faça o mesmo com as reações químicas.” [32] Esta frase descreveperfeitamente o que os alunos puderam fazer

durante a utilização deste objeto virtual de aprendizagem. Ao usar esta simulação os alunos puderam de maneira bastante lúdica traçar um paralelo entre a preparação de um sanduíche e uma equação química, e assim entender como essa equação representa um processo químico (reação). Nela os estudantes trabalharam habilidades como compreender o princípio da conservação das massas (Lavoisier), entender o conceito de reagente limitante e identificá-lo numa reação química. Também observaram a relação entre as diferentes formas de representação - moleculares (pictóricas) e simbólicas (formulas químicas) - de um processo químico.

Para mostrar que o entendimento das propriedades da matéria e suas transformações foi gradativamente estabelecido com o passar do tempo, estes dois objetos virtuais (*Construa uma molécula e Reagentes, Produtos e Excesso*) foram apresentados de maneira complementar ao estudo do modelo atômico de Dalton. Ao mostrar que este modelo foi por algum tempo suficiente para explicar a constituição de muitas estruturas, e também o balanço de massa numa reação química, os alunos tiveram a oportunidade de amadurecer sua visão sobre o processo gradativo e dinâmico que envolve a construção do conhecimento científico.

Experimento Tubo de Crookes - Explorando as propriedades dos elétrons

Imagem4 – Tela simulação do experimento com raios catódicos.

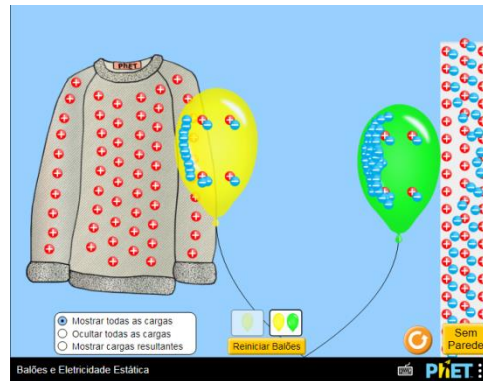


Fonte: lab.concord.org (2019)

Estas simulações, que ilustram os experimentos que ajudaram Thomson no desenvolvimento das suas propostas para a estrutura atômica da matéria, permitiram aos alunos observar como são gerados os raios catódicos e como estes se comportam quando submetidos a ação de um campo eletromagnético. Permitiram um melhor entendimento de como os elétrons (e suas propriedades) foram descobertos e como isso se refletiu numa compreensão mais ampla das propriedades elétricas da matéria.

Balões e Eletricidade Estática

Imagem5 –Tela do objeto virtual Balões e Eletricidade Estática.

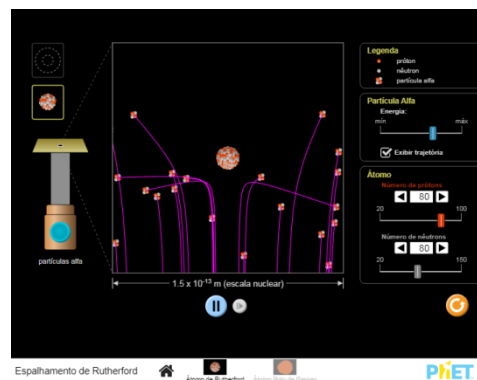


Fonte:phet.colorado.edu (2019)

Nesta simulação, usando balões, os alunos puderam explorar conceitos de eletricidade estática como transferência de carga, atração, repulsão e processo de indução. Estes conceitos ilustram e também contribuem para o melhor entendimento da natureza elétrica da matéria, tema que tem forte relação com o modelo atômico proposto por Thomson.

Espalhamento de Rutherford

Imagem6 –Tela do objeto virtual Espalhamento de Rutherford.



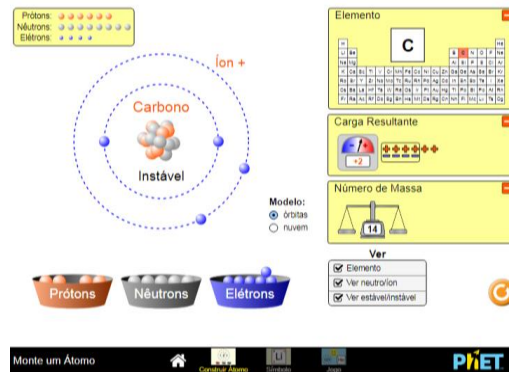
Fonte:phet.colorado.edu (2019)

Utilizando este objeto virtual de aprendizagem os alunos puderam entender melhor como Rutherford concebeu a estrutura do núcleo atômico, mesmo sem poder enxergar o átomo. A simulação do famoso experimento com folhas de ouro permitiu, uma análise mais profunda sobre a estrutura atômica, sendo possível, por

exemplo, estabelecer uma descrição qualitativa de como ângulo de deflexão depende da energia da partícula incidente, e da carga do alvo (núcleo atômico).

Monte um Átomo

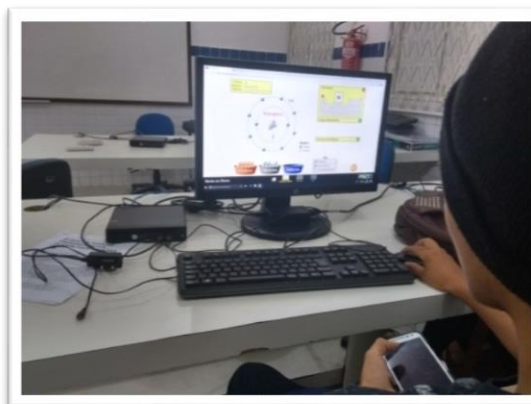
Imagem7 –Tela do objeto virtual Monte um Átomo do grupo Phet colorado.



Fonte:phet.colorado.edu (2019)

Aprofundando o estudo do modelo atômico de Rutherford, usando esta simulação os alunos puderam construir átomos usando prótons, nêutrons e elétrons, observando como a identidade do elemento está intrinsecamente ligada à quantidade de prótons que ele apresenta. Também foi possível usar o número de partículas subatômicas para prever as propriedades de massa e a carga do átomo e prever como a adição ou a subtração de prótons, nêutrons, ou elétrons alteram as propriedades ou a identidade do elemento.

Imagem8 –Aluno fazendo uso do objeto virtual Monte um Átomo.

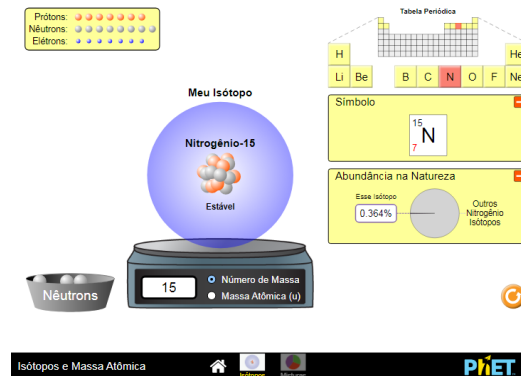


Fonte:autoria própria

Observou-se que os alunos demonstraram um elevado interesse pelo jogo que este objeto virtual dispõe, onde os alunos podem testar os conhecimentos adquiridos.

Isótopos e Massa Atômica

Imagem9 –Tela do objeto virtual Isótopos e Massa Atômica do grupo Phet colorado.

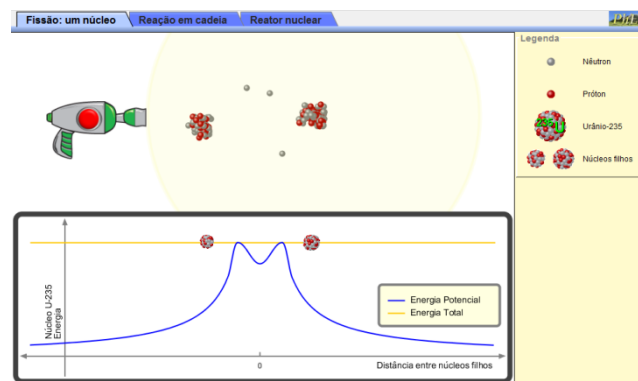


Fonte:phet.colorado.edu (2019)

Ao usar este OVA os alunos construíram átomos observando a abundância das diferentes formas de alguns elementos e definiram isótopos por meio das propriedades número de massa, número atômico, relacionadas ao número de prótons, nêutrons. Também foi possível reforçar a distinção entre átomo de elemento e aprofundar o entendimento das diferenças entre isótopos, isóbaros e isótonos.

Fissão Nuclear

Imagem10 –Tela do objeto virtual Fissão Nuclear



Fonte:phet.colorado.edu (2019)

Nesta simulação os alunos puderam ver como iniciar uma reação em cadeia, ou como a introdução de alguns isótopos pode evitá-la. Além disso, observaram como a produção de energia em um reator nuclear pode ser controlada e como um

nêutron pode dar energia a um núcleo e provocar sua fissão. Este OVA também possibilitou entender o que é, e como funciona uma reação em cadeia, além de como as barras de controle podem ser usadas para retardar a reação em um reator nuclear.

Os temas trabalhados com a utilização de todos estes objetos virtuais de aprendizagem tem forte ligação com as temáticas trabalhadas em sala de aula no conteúdo de modelos atômicos e fornece um valioso complemento ao estudo das propriedades microscópicas da matéria. Espera-se que a utilização de todas essas ferramentas tenha uma contribuição positiva sobre a aprendizagem dos temas propostos e que possam despertar nos alunos um senso de curiosidade pelo processo de construção do pensamento científico.

5.5 Aplicação da metodologia de aprendizagem cooperativa

Conforme planejado, a metodologia *jigsaw* pôde ser aplicada de maneira satisfatória nas duas turmas (B e C) e foram observadas algumas peculiaridades no que diz respeito ao andamento das atividades. Verificou-se inicialmente nos alunos um baixo nível de interesse pelas atividades iniciais que envolviam a leitura inicial do material reservado a cada membro dos grupos.

Imagem11 –Formação dos grupos no método de aprendizagem cooperativa.



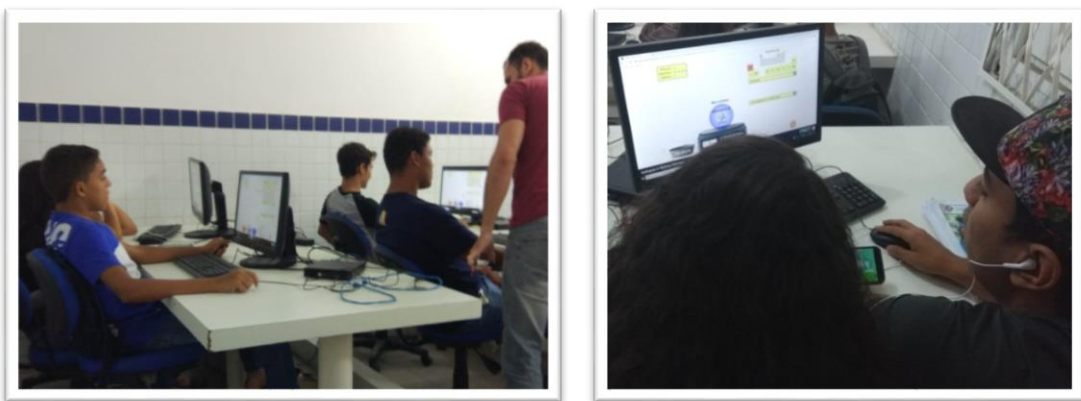
Fonte: autoria própria.

Alguns alunos mostraram-se rapidamente fadigados poucos minutos após iniciar a leitura de seu texto. Ao serem questionados sobre seus hábitos de estudo e leitura, alguns alunos relataram que se preocupam em estudar apenas nas datas próximas aos exames de avaliação, e nessas ocasiões preferem fazer uso do

caderno e focar na resolução de exercícios. Observa-se que nem todos os alunos tem o hábito da leitura individual de um texto tendo como objetivo desenvolvimento intelectual, e isso pode ser um fator que contribua para que muitos alunos rapidamente vejam como enfadonho quando alguma atividade sugere que se realize uma leitura um pouco mais longa.

Passado esse desconforto inicial os alunos puderam a partir da questão motivadora, começar a pensar nas estratégias para a resolução dela. As reuniões de grupos especialistas mostraram-se consideravelmente promissoras tendo em vista que muitos alunos que não tinham muita afinidade com o ato de explicar eram ajudados pelos colegas sobre como este conteúdo poderia ser explicado quando eles voltassem a seus grupos. Um questionamento que se mostrou especialmente útil nesse momento de reunião dos grupos especialistas foi “*como vocês farão para que os colegas de vocês, que não receberam este mesmo material, aprendam isto que vocês estão discutindo agora?*”. Notou-se que fazer esta pergunta nas reuniões dos GE foi bastante interessante para dar um direcionamento às atividades daquele momento, que não poderia ser encarado apenas como um mero momento de estudo em grupo. Deixar claro qual é o propósito daquela reunião certamente é uma das chaves para o bom funcionamento desta metodologia.

Imagem12 –Alunos fazendo uso dos objetos virtuais de aprendizagem nos grupos especialistas durante a aplicação da metodologia cooperativa.



Fonte:autoria própria.

Outro ponto que merece destaque é o fato de que para os alunos que fizeram uso direto dos objetos virtuais de aprendizagem observou-se bastante curiosidade por modificar as possibilidades e configurações nas simulações. Como estes alunos estavam em contato direto operando os aplicativos provavelmente se sentiram bem amais a vontade para buscar o que as simulações poderiam mostrar.

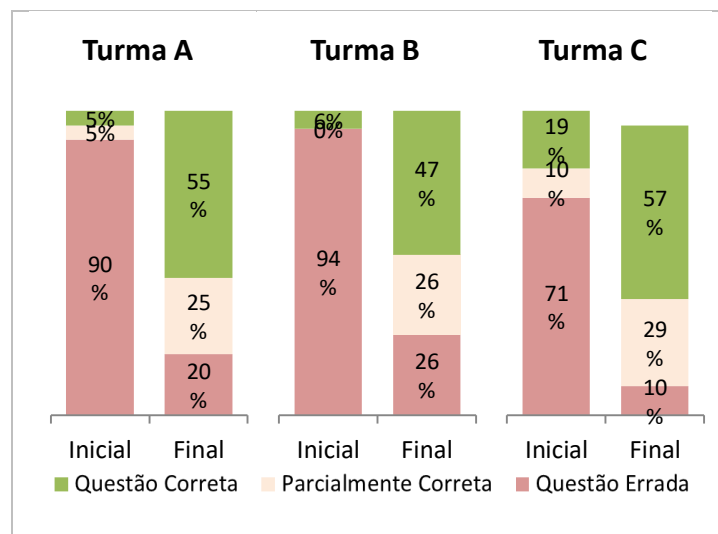
Também observou-se um índice bem mais elevado de questionamentos neste grupo de alunos. Além de ser influenciado pelo fato de fazerem alterações e não compreender bem os resultados observados com as mudanças, este elevado número de questionamentos provavelmente também pode ser fruto da necessidade de posteriormente explicar este conteúdo aos colegas. Também foi facultado aos alunos especialistas usar ou não as simulações durante suas explicações. Mas observou-se que todos preferiram usá-las por entender que elas seriam úteis para o melhor entendimento de seus companheiros.

Os demais momentos também puderam ocorrer de forma promissora, sendo o papel do professor fundamental no acompanhamento e apoio dos grupos para esclarecimento de dúvidas, trazer exemplos extras que não estavam no material ou esclarecer melhor alguma parte que não havia sido completamente entendida.

5.6 Avaliação da aprendizagem

Após a conclusão de todas as etapas previstas na metodologia realizou-se em cada sala a verificação do conteúdo aprendido que, conforme descrito, consistiu na mesma avaliação realizada após a primeira aula. Os resultados obtidos na avaliação inicial e final para as questões 1, 3 e 7 nas três turmas são mostrados nos **gráficos 7, 8 e 9** respectivamente. Neles podemos observar o percentual de questões corretas, questões parcialmente corretas e questões erradas por turma, nos dois momentos em que estas foram avaliadas (inicial e final).

Gráfico 7–Desempenho na 1ª questão das avaliações realizadas com as três turmas.

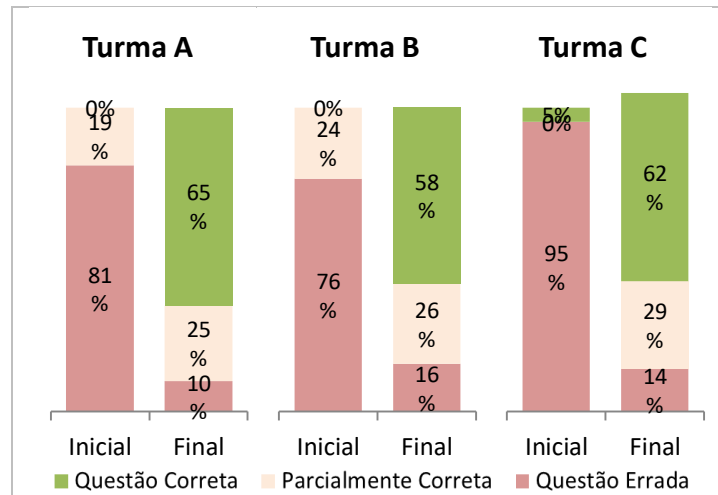


Fonte: autoria própria

Considerando os resultados obtidos para a questão 1, observa-se um índice extremamente baixo de acerto e uma considerável melhora no desempenho das três turmas após a execução das atividades em sala, sendo que as turmas A e C apresentaram as maiores reduções no percentual de questões erradas (ou deixadas em branco).

Verifica-se então que cerca de 70% dos alunos conseguiu (ainda que parcialmente) estabelecer uma diferença entre elementos e moléculas. Resultados equivalentes foram observados para o desempenho na 3ª questão (**gráfico 8**), onde as turmas que fizeram uso dos objetos virtuais de aprendizagem obtiveram pequena diferença no desempenho em relação a turma B.

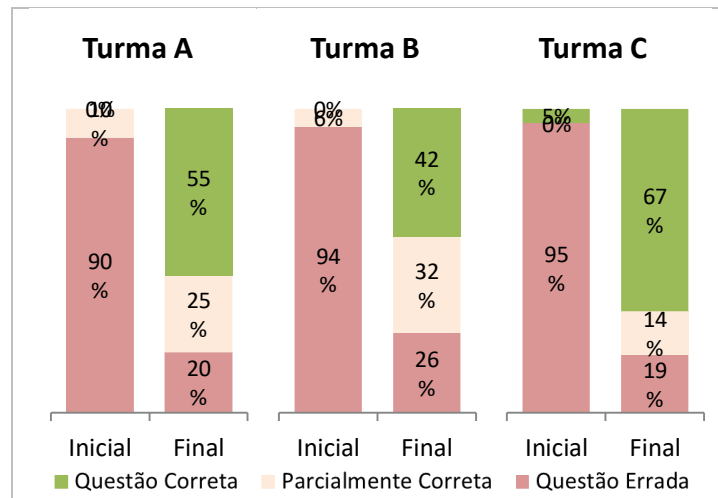
Gráfico 8—Desempenho na 3ª questão das avaliações realizadas com as três turmas.



Fonte: autoria própria

Os resultados obtidos para a 7ª questão são mostrados no **gráfico 9**. Verifica-se que nesta questão as três turmas apresentaram um elevado índice de erro. De maneira análoga ao ocorrido com as questões 1 e 3, aqui as turmas A e C apresentaram um desempenho um pouco melhor que a turma B.

Gráfico 9—Desempenho na 7ª questão das avaliações realizadas com as três turmas.

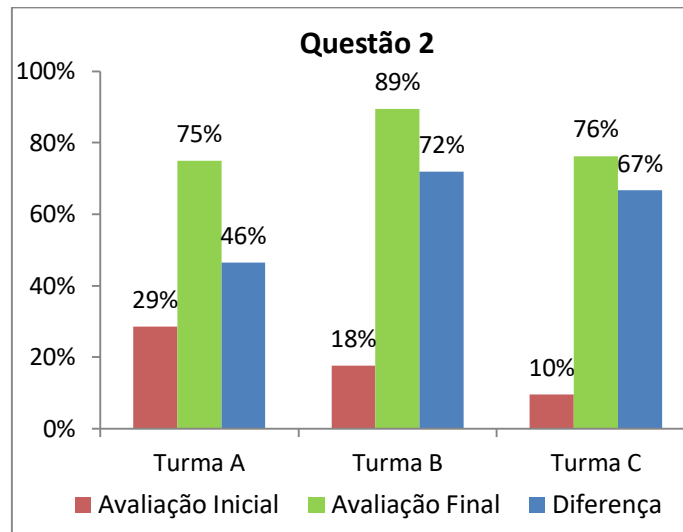


Fonte: autoria própria

Observa-se que para as três questões subjetivas as turmas A e C apresentaram os melhores desempenhos. Esta pequena diferença positiva nestas turmas pode estar associada ao emprego dos objetos virtuais de aprendizagem, que provavelmente proporcionaram uma maior apropriação dos temas abordados nas turmas em que foram usados. Dadas as melhorias nos índices de acerto, e percentuais de erro abaixo dos 25% após a aplicação da metodologia nas três turmas, podemos dizer que uma parcela significativa (porém ainda não a ideal) dos alunos conseguiu se apropriar destes conhecimentos, ainda que parcialmente. Atividades de revisão e reforço podem auxiliar na obtenção de resultados mais promissores.

De maneira geral observou-se um melhor desempenho dos alunos nas questões objetivas da avaliação realizada. A questão 2, que verificava o entendimento por parte do aluno da relação entre o número de prótons e o conceito moderno de elemento químico, foi respondida corretamente pela grande maioria dos alunos, de forma que nas três turmas pelo menos 75% dos alunos conseguiu resolver corretamente este quesito. Diversamente ao ocorrido com as questões subjetivas, a turma que apresentou o maior índice de acertos neste caso foi a Turma B, com 89% dos alunos respondendo corretamente. Os percentuais de acerto para todas as turmas antes de depois da aplicação da proposta metodológica pode ser observado no **gráfico 10**.

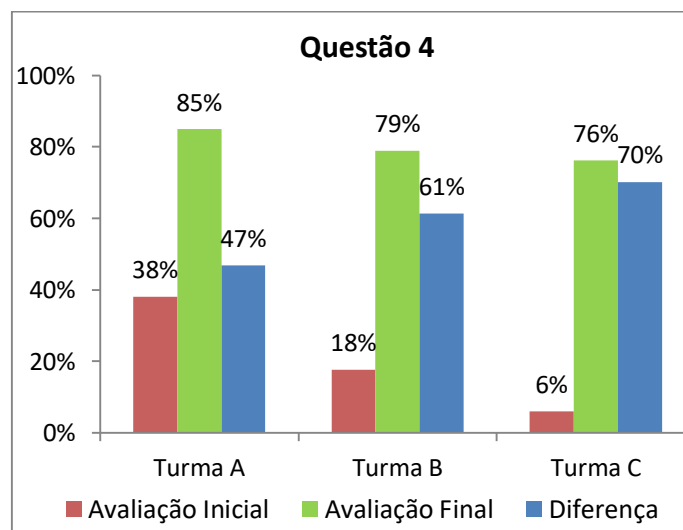
Gráfico 10—Percentuais de acerto para a 2ª questão das avaliações realizadas com as três turmas.



Fonte: autoria própria

Além dos valores absolutos dos percentuais de acerto, podemos avaliar o ganho na aprendizagem por turma fazendo a diferença entre o desempenho antes e depois da aplicação da metodologia. Pode-se assim observar a evolução de cada turma e se fazer uma análise de qual metodologia contribuiu para um ganho mais elevado. Avaliando-se os resultados para esta questão verifica-se que a metodologia cooperativa associada ao uso dos objetos virtuais apresentou melhor desempenho quanto ao desenvolvimento da aprendizagem da turma. Um comportamento um pouco diferente foi observado para na questão 4, onde o maior percentual de acertos foi observado para a Turma A (**gráfico 11**).

Gráfico 11—Percentuais de acerto para a 4ª questão das avaliações realizadas com as três turmas.

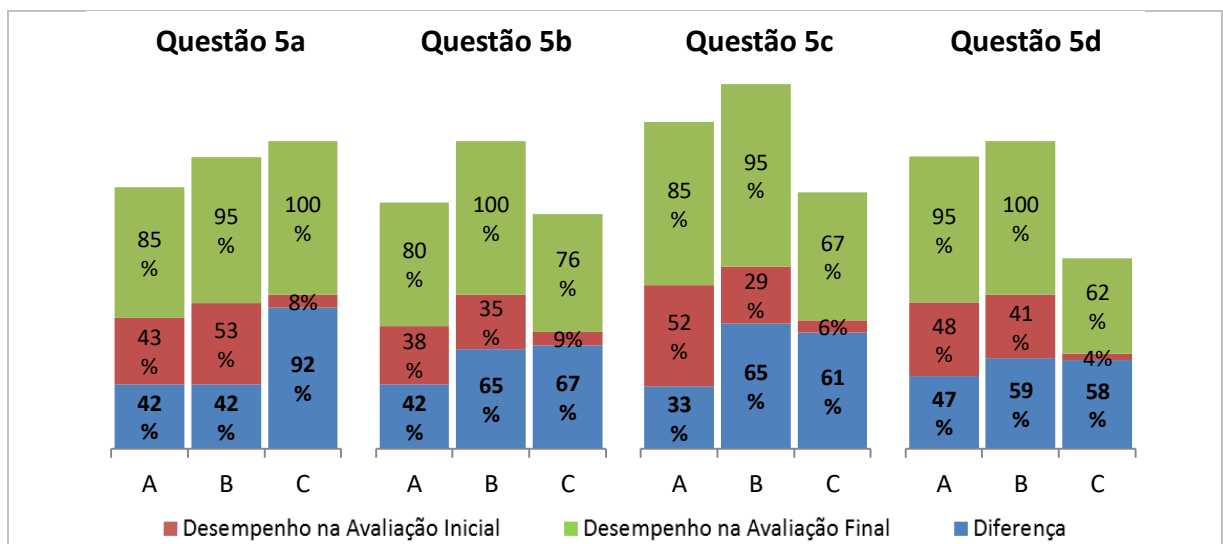


Fonte: autoria própria

Ainda assim o maior ganho na aprendizagem foi observado para a Turma C. Como a turma C apresentou um índice muito baixo de acertos na avaliação inicial, não precisariam alcançar desempenhos extremamente elevados para obter um ganho considerável. Por outro lado a turma A, apesar do bom desempenho, apresentou menor ganho porque já tinha obtido um índice maior de acertos mesmo antes da aplicação da metodologia. Assim, o valor absoluto dos acertos na turma A não pode ser atribuído apenas à realização das atividades, mas também aos conhecimentos prévios dos alunos.

O **gráfico 12** mostra os resultados obtidos para os 4 itens da questão 5 que tratava das principais características dos modelos atômicos propostos por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

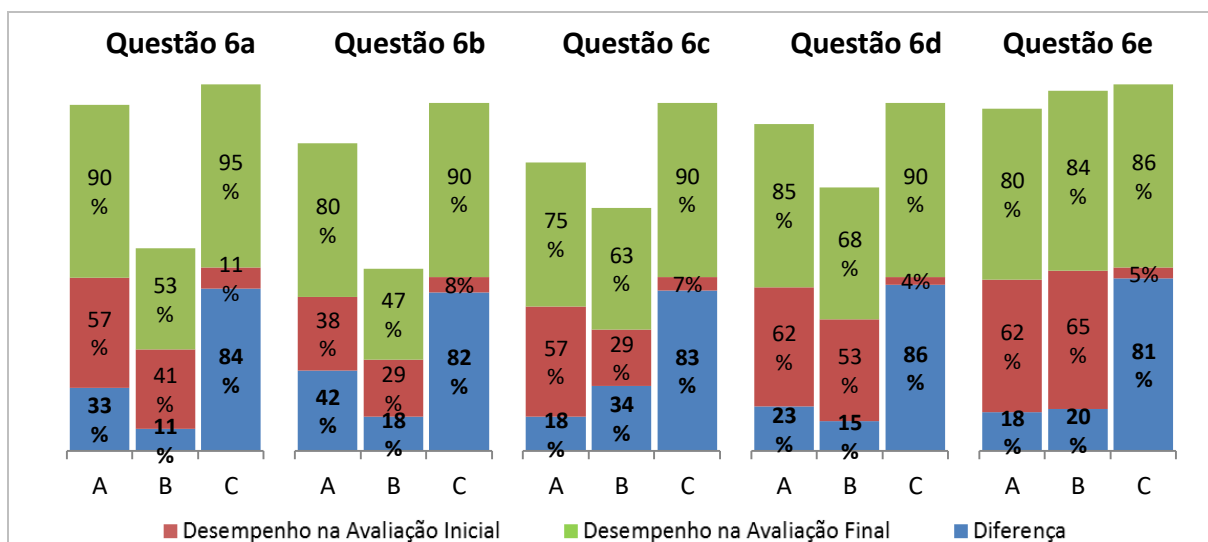
Gráfico 12–Percentuais de acerto para a 5ª questão das avaliações realizadas com as três turmas.



Fonte: autoria própria

Observando os percentuais absolutos de acerto verifica-se que as turmas A e B apresentaram os melhores desempenhos com índices de acerto iguais ou superiores a 80% em todos os itens. Ao se tomar como referência o ganho de aprendizagem observa-se novamente uma diferença mais relevante para as turmas B e C.

Gráfico 13—Percentuais de acerto para a 6ª questão das avaliações realizadas com as três turmas.



Fonte: autoria própria

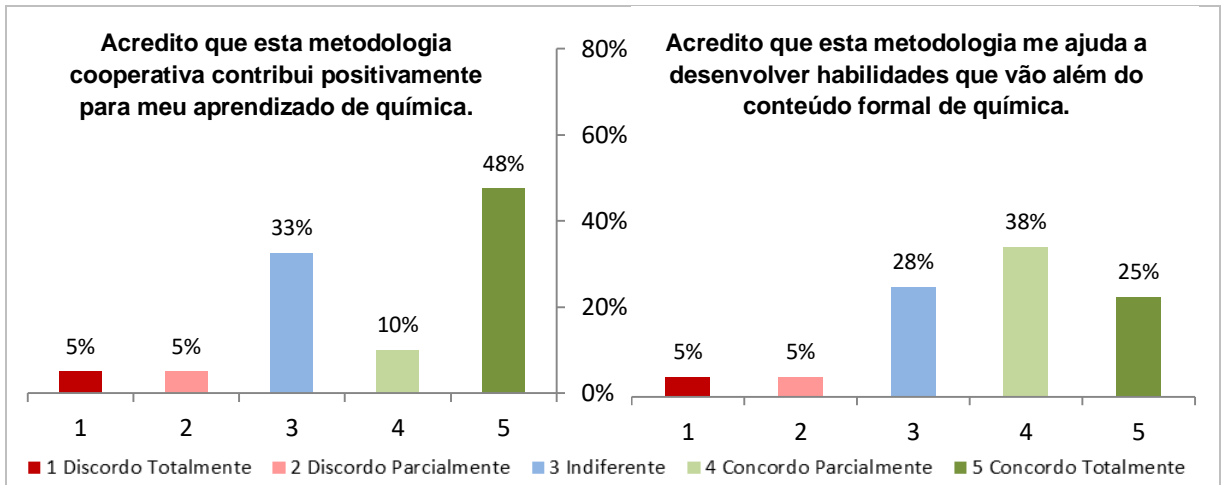
Para esta questão observou-se um desempenho mais baixo para a turma B de forma que a turma teve mais dificuldade nos dois primeiros itens. Esta dificuldade pode ser decorrência do fato das informações necessárias à resolução destes itens estarem tão explícitas no texto que serviu como material base, demandando-se assim um pouco mais de atenção a detalhes que podem ter ficado um pouco mais evidente para os alunos que fizeram uso dos OVAs.

5.7 Avaliação da metodologia

Por fim os alunos que participaram das atividades que envolviam metodologia de aprendizagem cooperativa participaram de uma pesquisa de opinião com objetivo de verificar a impressão deles sobre a metodologia aplicada e os possíveis benefícios ao aprendizado de química proporcionados por ela. Um total de 40 alunos respondeu a esta pesquisa cujas afirmações na ocasião não estavam apresentadas necessariamente na ordem dos resultados a seguir, onde as afirmações estão agrupadas de acordo com a temática.

Perguntou-se a opinião dos alunos sobre as contribuições da metodologia para o aprendizado de química e de habilidades do domínio sócio emocional. Observa-se que aproximadamente 56% dos alunos concorda que há uma contribuição significativa de metodologias como esta para o desenvolvimento do conhecimento de química (**gráfico 14**).

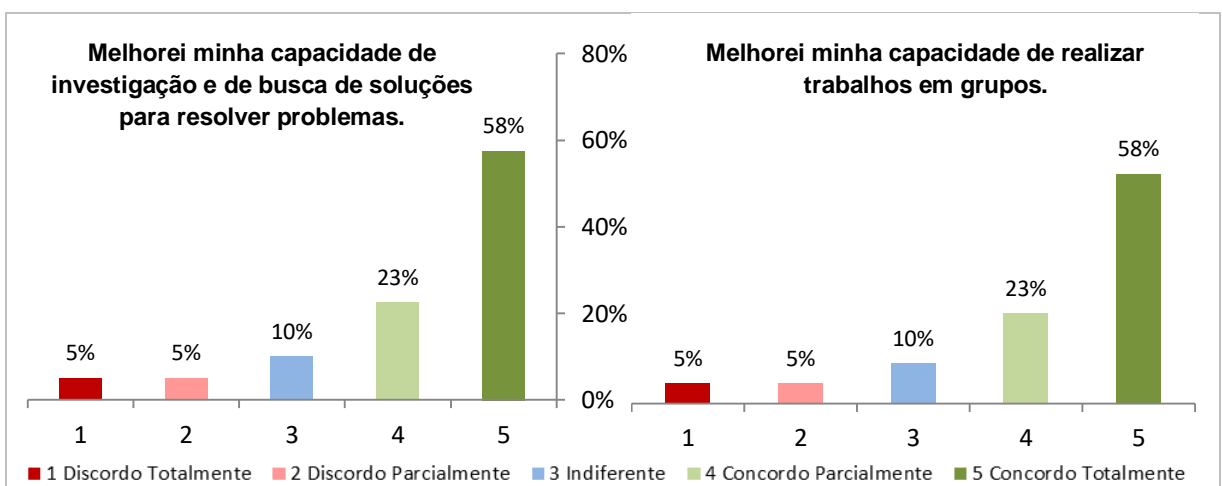
Gráfico 14 - Respostas dos alunos ao questionário de opinião sobre a metodologia aplicada.



Fonte: autoria própria

A maioria dos alunos também concorda que há uma contribuição positiva dessas metodologias para o desenvolvimento de habilidades que vão além do aprendizado de química (**gráfico 14**). Por exemplo, a grande maioria dos alunos concordou que teve sua capacidade de análise e resolução de problemas melhorada após a execução das atividades propostas. Este resultado pode ser observado no **gráfico 15**, que também mostra as respostas para a opinião dos alunos sobre a influência da metodologia sobre a capacidade de trabalho em equipe com aproximadamente 56% dos alunos mostrando concordância com essa afirmação.

Gráfico 15 - Respostas dos alunos ao questionário de opinião sobre a metodologia aplicada.



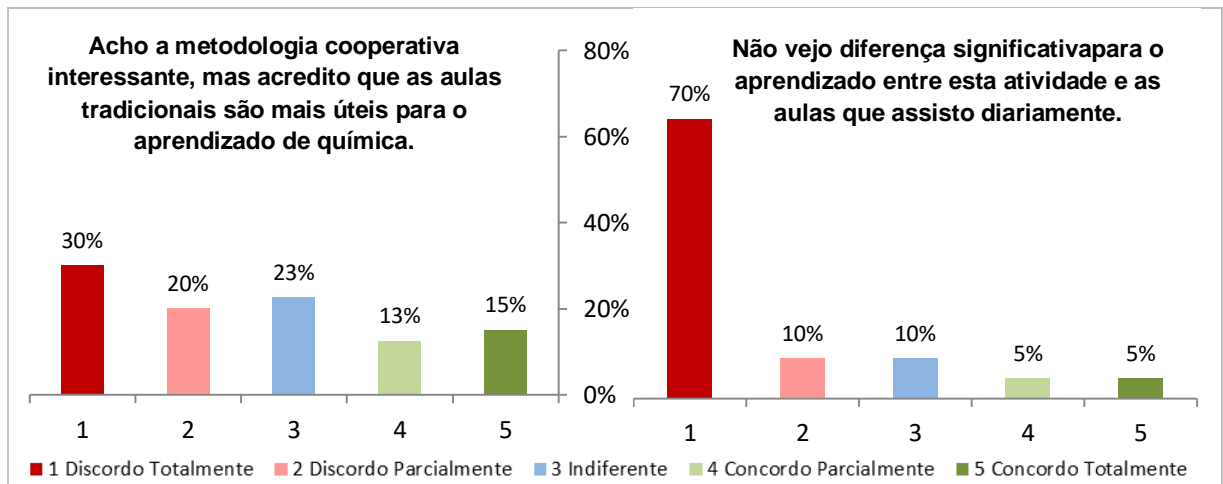
Fonte: autoria própria

Ao se perguntar sobre o desenvolvimento de habilidades do domínio sócio emocional, observa-se que a grande maioria dos alunos acredita que as atividades realizadas contribuíram de maneira positiva para o desenvolvimento da capacidade

de trabalho em equipe e análise crítica. Como a formação cidadã passa por questões que vão além do simples aprendizado de conteúdos formais, é preciso que as escolas promovam ações que visem uma formação acadêmica que atenda as atuais necessidades do mercado de trabalho.

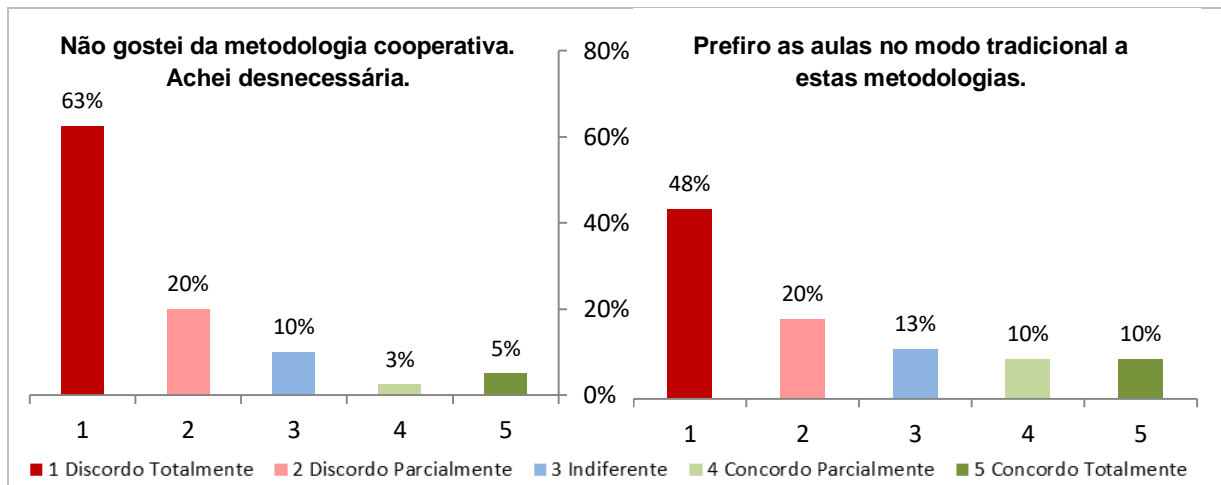
Os alunos também demonstraram uma boa aceitação à metodologia em relação às aulas expositivas. A maior parte dos alunos mostrou total discordância ao se afirmar que não há diferença na contribuição ao aprendizado entre este tipo de aula e as aulas comuns. Apenas 28% dos alunos concorda que as aulas tradicionais oferecem maior contribuição ao aprendizado de química.

Gráfico 16 - Respostas dos alunos ao questionário de opinião sobre a metodologia aplicada.



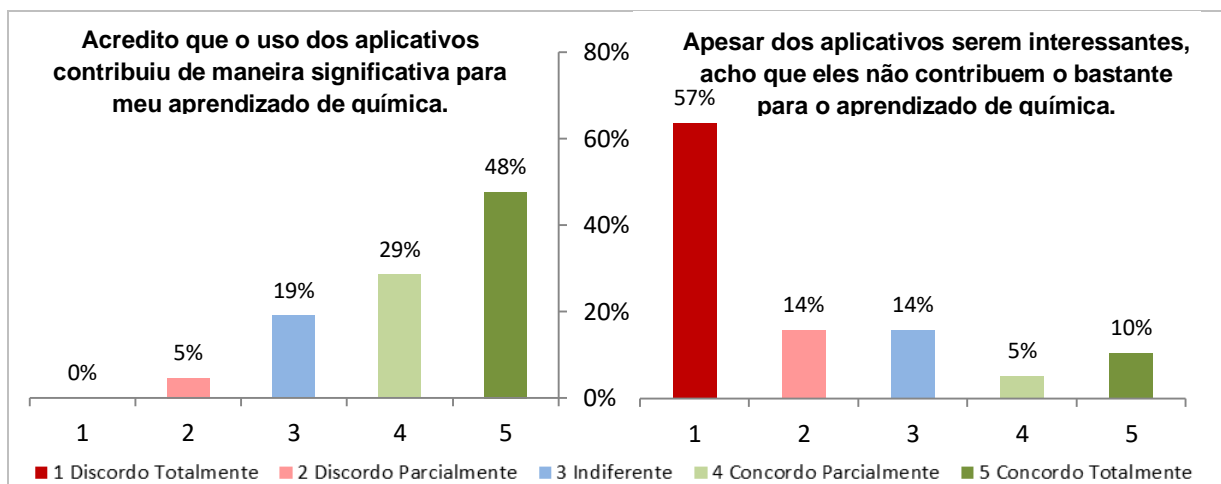
Fonte: autoria própria

A grande maioria dos alunos também demonstrou gostar das atividades realizadas, além de mostrar forte discordância ao se afirmar que as atividades seriam desnecessárias (**gráfico 17**). A preferência por esse tipo de aula também foi avaliada e apenas 20% dos alunos demonstrou preferência pelas aulas tradicionais em detrimento das aulas realizadas.

Gráfico 17 - Respostas dos alunos ao questionário de opinião sobre a metodologia aplicada.

Fonte: autoria própria

Para os alunos da turma C foram adicionadas algumas perguntas referentes à utilização dos objetos virtuais de aprendizagem. Os alunos demonstraram elevado interesse de modo que aproximadamente 69% dos alunos concorda que o uso desse material trouxe contribuições positivas para seu aprendizado de química e apenas 17% mostrou concordância a afirmação negativa sobre os OVA utilizados.

Gráfico 18—Respostas dos alunos ao questionário de opinião sobre a metodologia aplicada.

Fonte: autoria própria

O resultados obtidos junto as turmas avaliadas apontam que das estratégias metodológicas testadas, a que apresentou contribuição mais relevante a aprendizagem do tema modelos atômicos foi a que fazia uso de objetos virtuais aliado a proposta de atividade cooperativa pelo método *jigsaw*.

A considerável diferença de desempenho entre as salas observadas na avaliação inicial demonstra que, no que tange as concepções prévias, as turmas

avaliadas neste trabalho apresentavam níveis consideravelmente distintos, o que pode tornar imprecisas as inferências consequentes da comparação dos resultados da avaliação final aplicada. Uma avaliação mais precisa sobre a aplicabilidade desta metodologia demanda uma análise mais abrangente, que envolva vários temas e um número maior de turmas.

6. CONCLUSÕES

As estratégias que envolvem a utilização de metodologias ativas são de elevada importância para o desenvolvimento dos estudantes. Elas estimulam o protagonismo e o autodidatismo que são essenciais à formação de profissionais adequados às necessidades da sociedade atual.

A maioria dos alunos demonstra um relevante interesse pela utilização dos objetos virtuais como ferramentas auxiliares ao estudo de temas de várias disciplinas, inclusive a química. Embora a utilização desses objetos pelo professor em aulas expositivas também demonstre bons resultados no auxílio ao ensino de muitos temas, entende-se que a manipulação dos OVAs pelos alunos pode potencializar esse aprendizado, auxiliando no desenvolvimento de importantes habilidades como pesquisa, interpretação de dados e análise crítica.

Considerando que não há uma metodologia singular, que seja eficiente em todos os momentos e funcione para todos os tipos de turmas e temas, o método *jigsaw* mostra-se como uma importante opção ao professor para estimular o desenvolvimento habilidades como cooperação e trabalho em equipe. Contudo é fundamental que o professor mantenha o dinamismo e a atenção às necessidades da turma na busca pelo melhor método de ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 -FREIRE, Paulo. **A Educação Na Cidade**. 5ª ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- 2 -DOMINGOS, Mario. **Por que todos precisamos aprender ciências?:** Inovações em Educação. 2013. Disponível em: <<http://porvir.org/por-todos-precisamos-aprender-ciencias/>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- 3 - OLIVEIRA, F. M. F.; SILVA, E. L.da. Objetos virtuais de aprendizagem para a educação de jovens e adultos disponíveis no banco internacional de objetos educacionais com foco em meio ambiente. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, v. 2, n. 2, p.107-118, 12 set. 2017. Revista de Pesquisa Interdisciplinar. <http://dx.doi.org/10.24219/rpi.v2i2.263>.
- 4 - LOURENCO, A. B.; FERREIRA, J. Q.; QUEIROZ, S. L. Licenciandos em química e argumentação científica: tendências nas ações discursivas em sala de aula. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 39,n. 4,p. 513-521,maio 2016.(SciELO).<http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160035>.
- 5 -KRAISIG, A.R.;AMARAL, L.R. Abordagem dos conceitos de átomo, molécula e elemento químico através de uma atividade de modelagem desenvolvida pelo PIBID-Química/UFSM. *In: 33º ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA*, Out., 2013, Ijuí, RS. **Anais**.Ijuí, RS, 2013. Disponível em: <<https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/edeq/article/view/2616>> Acesso em: 15 abr. 2019.
- 6 -Oliveira, S.F.; Melo, N. F. Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 3, p. 147–151, 2013.
- 7 - Bell, J.T. e Fogler, H.S. Virtual reality in chemical engineering education. In: INDIANA ASEE SECTIONAL CONFERENCE, 1995. Proceedings of the 1995. Illinois, p. 16-18,1995.
- 8 - Kulik, James A. **School Mathematics and Science Programs Benefit from Instructional Technology**. **InfoBrief**.2002 Disponível em:<<https://eric.ed.gov/?id=ED472100>>Acesso em: 10 abr. 2019.
- 9 - MICHEL, R.; MARIA, F.Uma busca na Internet por ferramentas para educação química no Ensino Médio. **Química Nova**, v. 19, n. N 19, p. 3–7, 2004.
- 10 - Teodoro, D.L.; Cabral, P.F.D. O. Atividade cooperativa no formato jigsaw: um estudo no ensino superior de química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 21, 2015.
- 11 - Johnson, D.W.; Johnson, R.T. Instructional Goal Structure: Cooperative, Competitive, or Individualistic. **Review of Educational Research**, v. 44, n. 2, p. 213–240, 1974.
- 12 - VENEU, F.; ROSSE, C.; COSTA, M. Ação sociopolítica e aprendizagem cooperativa: a elaboração de um banner com alunos do ensino fundamental no município de Miguel Pereira, Rio de Janeiro. **Invest. Práticas**, Lisboa , v. 7, n. 2, p. 22-33, jul. 2017 . Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2182-13722017000200003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 10 maio 2019.
- 13 - Slavin, R.E. Developmental and Motivational Perspectives on Cooperative Learning: A Reconciliation. **Child Development**, v. 58, n. 5, p. 1161, 1987.

- 14 - BRASIL. GOVERNO FEDERAL. (Comp.). **Base nacional comum curricular**. 2019. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- 15 - LIBÂNEO, José Carlos. **Adeus professor, adeus professora? Novas exigências educacionais e profissão docente**. 13ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- 16 - LOZZA, R. *et al.* Metodologias Ativas: Desenvolvimento de jogo digital para o ensino na disciplina de Metodologia da Pesquisa Científica. **Programa de Apoio à Iniciação Científica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.411-420, abr. 2017. Disponível em: <<https://cadernopaic.fae.edu/cadernopaic/article/download/293/265>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- 17 - FREIRE, P. **Educação como prática de liberdade**. 20ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.
- 18 - PEREIRA, A. M. O.; PEREIRA, A. M. Metodologias ativas nas aulas de Geografia no Ensino Médio como estímulo ao protagonismo juvenil. **Rev. do Centro de Educação da Ufsm**, Santa Maria, v. 44, n. 1, p.1-22, jan. 2018.
- 19 - MORAN, J. Mudar a forma de ensinar e de aprender: transformar as aulas em pesquisa e comunicação presencial-virtual. **Interações**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 57-72, jan. 2000
- 20 - BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Sem. Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan / jun. 2011.
- 21 - GAROFALO, Debora. **Como as metodologias ativas favorecem o aprendizado**. 2018. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/11897/como-as-metodologias-ativas-favorecem-o-aprendizado>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- 22 - MORAN, J. Mudando a Educação com metodologias ativas. In SOUZA, Carlos A. de, MORALES, Ofélia E. T. (Org.) **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**. Vol. II. Ponta Grossa: UEPG- PROEX, 2015. Disponível em: <http://www.youblisher.com/p/1121724-Colecao-Midias-Contemporaneas-Convergencias-Midiaticas-Educacao-e-Cidadania-aproximacoes-jovens-Volume-II/>. Acesso em Maio 2017
- 23 - MESQUITA, S. K. C.; MENESES, R. M. V.; RAMOS, D. K. R. Metodologias ativas de ensino/aprendizagem: dificuldades de docentes de um curso de enfermagem. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 14, n. 2, p.473-486, abr. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981-7746-sip00114>.
- 24 - GUERRA, C. J. O.; TEIXEIRA, A. J. C. Os impactos da adoção de metodologias ativas no desempenho dos discentes do curso de ciências contábeis de instituição de ensino superior mineira. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (repec)**, v. 10, n. 4, p.380-397, out. 2016. ABRACICON: Academia Brasileira de CiênciasContábeis. <http://dx.doi.org/10.17524/repec.v10i4.1437>.
- 25 - LIMA JUNIOR, C. G. *et al.* Sala de aula invertida no ensino de química: planejamento, aplicação e avaliação no ensino médio. **Revista Debates em Ensino de Química**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p.119-145, jan. 2018.
- 26 - LOPES, J.; SILVA, H. S. **Aprendizagem cooperativa na sala de aula: um guia prático para o professor**. 2ª ed. Lisboa: Lidel, 2009

- 27 - JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. (2014). Cooperative Learning in 21st Century. **Anales De Psicología / Annals of Psychology**, v. 30, n. 3, p. 841-851. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.201241>
- 28 - Cohen, E.G. Restructuring the Classroom: Conditions for Productive Small Groups. **Review of Educational Research**, v. 64, n. 1, p. 1–35, 1994.
- 29 - JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. **Educational Researcher**, v. 38, n. 5, p. 365–379, 2009. <https://doi.org/10.3102/0013189X09339057>
- 30 - Thomas, M. V., & Kothari, R. G. A study on the effectiveness of a strategy based on cooperative learning for science teaching in class VII. **MIER Journal of Educational Studies, Trends & Practices**, v. 5, n. 2, p. 123–136, 2015.
- 31 - MARQUES, S. P.D. et al. Aprendizagem cooperativa como estratégia no aprendizado de química no ensino médio. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 4, p.57-66, 10 dez. 2015. IFCE. <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v9i4.916>.
- 32 - PHET (University Of Colorado). **Simulações Interativas**: Simulações interativas em ciências e matemática. 2018. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- 33 - ROSE, T. M. S. de et al. Práticas Educativas Inovadoras na Formação do Psicólogo Escolar: uma Experiência com Aprendizagem Cooperativa. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 36, n. 2, p.304-316, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-3703000212014>
- 34 – KW Kosko, ARougee, P Herbst. **Mathematics Education Research Journal**, v. 26, n. 3, p. 459-476, 2014.
- 35 - Piaget, Jean. **Language and thought of the child**. Reimpressão. New York:Read Books, 2008.
- 36 - Vygotsky, L.S. **Mind in society: the development of higher psychological processes**.^a ed. Cambridge: Harvard University Press, 1979.
- 37 - Barbosa, R.M.N.; Jófili, Z.M.S. Aprendizagem cooperativa e ensino de química – parceria que dá certo. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 55–61, 2004.
- 38 - SCHERER, S.; BRITO, G. S. Educação a distância: possibilidades e desafios para a aprendizagem cooperativa em ambientes virtuais de aprendizagem. **Educar em Revista**, n. 4, p.53-77, 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.38644>.
- 39 - Aronson, E.; Patnoe, S. **Jigsaw Classroom**. ^a ed. New York: Longman, 1997.
- 40 - LOURENÇO, A. B.; FERREIRA, J. Q.; QUEIROZ, S. L. Pre-service chemistry teachers and scientific argumentation: trends in discursive actions in classroom. **Química Nova**, v. 39, n.4,p.513-521, 2016. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160035>.
- 41 – Fatareli, E.F.; Ferreira, L.N.D.A.; et al. Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw no Ensino de Cinética Química. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, p. 161, 2010.
- 42 - GALAFASSI, F.; GLUZ, J. C.; GALAFASSI, C. Análise Crítica das Pesquisas recentes sobre as Tecnologias de Objetos de Aprendizagem e Ambientes Virtuais de Aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 21, n. 03, p.41-52, mar. 2014. Sociedade Brasileira de Computacao - SB. <http://dx.doi.org/10.5753/rbie.2013.21.03.100>.

- 43 - OLIVEIRA, F. M. F.; SILVA, E. L. Educação ambiental para o ensino de química: utilização dos objetos virtuais de aprendizagem. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, Cajazeiras, v. 1, n. 2, p.94-106, 2017.
- 44 - EICHLER, M.; DELPINO, J.C. Computadores em educação química: Estrutura atômica e tabela periódica. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 835–840, 2000.
- 45 - SPINELLI, Walter. Os **Objetos Virtuais de Aprendizagem**: ação, criação e conhecimento. Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br/comousar/textoscomplementares/textolmodulo5.pdf>> .Acesso em 09.03.2019.
- 46 - OLIVEIRA, Ramon. **Informática educativa: dos planos e discursos à sala de aula**. 9ª ed. Campinas: Papirus, 2005.
- 47 - GALVIS, A.H. Usos educativos de computadores: posibilidades y requerimientos. **Revista de Tecnología Educativa**, v. 9, p. 261–275, 1986.
- 48 - Rosa, R.R. e Borba, R.E.S.R. Avaliação de softwares educativos: o olhar de uma professora de matemática. In: ENEM, 8, 2004, Recife. Anais eletrônicos. Recife: UFPE, 2004.
- 49 - INTERACTIONS PROJECT (Michigan). **Crookes Tube**: Simulating J.J. Thomson's discovery of the electron. 2018. Disponível em: <<https://lab.concord.org/embeddable.html#interactives/interactions/crookesElectrodes.json>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- 50 - FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. 4ª ed. São Paulo: Saraiva, 2003.
- 51 - BIANCHINI, B. L.; GOMES, E.; LIMA, G. L. Método jigsaw de aprendizagem cooperativa – explorando o conceito de função. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, Jun., 2016, São Paulo. **Anais**. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.sbemrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/5674_3269_ID.pdf> Acesso em: 15 abr. 2019.

ANEXOS

A – Avaliação aplicada

Avaliação diagnóstica

- O **oxigênio** é um **elemento** químico de número atômico 8 e símbolo O. Ele faz parte do grupo dos calcogênios e é o terceiro elemento mais abundante do universo. O **gás oxigênio** é um gás de importância fundamental para os processos vitais do nosso planeta, utilizado na respiração da maioria dos seres vivos. Ele é um gás incolor, inodoro e, por ser utilizado quando os pacientes precisam de suplemento de oxigenação devido insuficiência de oxigênio no sangue, é classificado pela ANVISA como um medicamento.

Conforme dito, o termo "oxigênio" pode ser usado tanto para se referir ao elemento quanto ao gás e, apesar de apresentar o mesmo nome, estas são espécies químicas distintas. Assim, qual a diferença entre o gás oxigênio do elemento oxigênio?
- Indique a alternativa que completa corretamente as lacunas do seguinte período: "*Atualmente um elemento químico é representado pelo seu _____ e é definido/caracterizado pelo número de _____ que apresenta, podendo ter diferentes quantidades de _____*"

 - nome – nêutrons – elétrons e cargas.
 - nome – elétrons – nêutrons e prótons.
 - símbolo – elétrons – prótons e nêutrons.
 - símbolo – prótons – nêutrons e elétrons.
 - símbolo – nêutrons – elétrons e prótons.
- Há mais de cem anos, foi anunciada a descoberta do elétron, fato que provocou uma verdadeira revolução na ciência e também na indústria. Por exemplo, o uso das placas de circuito impresso que fazem parte de quase tudo o que envolve tecnologia, é consequência desse conhecimento. Um circuito impresso consiste em uma placa com camadas de materiais plásticos e fibrosos que conta com finas películas de substâncias metálicas (cobre, prata, ouro ou níquel). Essas películas formam as "trilhas" ou "pistas" que serão responsáveis pela condução da corrente elétrica pelos componentes eletrônicos. O cobre, elemento com massa atômica 64 e representado pelo símbolo Cu pode ser observado tanto na forma metálica Cu⁰ como no Cátion Cu²⁺.

Determine o número de prótons, nêutrons e elétrons contidos nas espécie química ${}_{29}\text{Cu}^0$ e ${}_{29}\text{Cu}^{2+}$.
- Uma importante contribuição do modelo de Rutherford foi considerar o átomo constituído por:

 - partículas de carga negativa incrustada numa massa homogênea de carga positiva.
 - uma estrutura altamente compactada de partículas com cargas positivas e negativas.
 - um núcleo de massa desprezível comparada com a massa do átomo.
 - uma região central com carga negativa chamada núcleo, cercado de partículas positivas
 - um núcleo muito denso contendo carga positiva, cercado de partículas de carga negativa.
- Associe as ideias aos modelos atômicos que elas representam:

 - Modelo atômico de Thomson
 - Modelo atômico de Rutherford
 - Modelo atômico de Rutherford-Bohr
 - Modelo atômico de Dalton

(...) O átomo é como uma bola de bilhar: uma esfera maciça, homogênea, indivisível, indestrutível e eletricamente neutra.

(...) O átomo é como um pudim de passas: uma estrutura carregada positivamente com elétrons de carga negativa incrustados nela.

(...) Átomo que apresenta um núcleo carregado positivamente com elétrons com carga negativa girando ao seu redor.

(...) O átomo apresenta seus elétrons organizados em camadas ao redor do núcleo semelhantes as orbitas do sistema solar.
- Julgue as afirmações a seguir indicando **verdadeiro (V)** ou **falso (F)**:

(...) A ideia de Demócrito e Leucipo para o átomo como sendo a *unidade indivisível da matéria* é atualmente considerada equivocada.

(...) O modelo da bola de bilhar seria suficiente para explicar a lei conservação da massa (lei de Lavoisier) observada em qualquer reação química que ocorre em sistema fechado.

(...) A evolução dos modelos atômicos comprova o aspecto imutável da ciência onde uma boa teoria não muda ao longo do tempo sendo apenas comprovada com novos experimentos.

(...) As experiências com raios catódicos evidenciaram que os elétrons estão presentes nos átomos e são partículas de carga positiva já que sempre eram atraídas pela placa positiva.

(...) O núcleo do átomo é muito denso e com tamanho muito menor que seu volume total, de acordo com as ideias de Rutherford.
- O entendimento da estrutura atômica da matéria também nos permite entender e diferenciar os tipos de processos que a matéria pode sofrer. Por exemplo, as reações químicas ocorridas na queima de combustíveis fosseis em algumas termoelétricas, são bem diferentes dos processos ocorridos nas reações nucleares dos reatores utilizados para produção de energia elétrica em alguns países. No segundo caso, os reatores são utilizados para iniciar e controlar uma reação em cadeia nuclear sustentada, que é empregada ara gerar grandes quantidades de energia térmica.

De maneira geral, como podemos diferenciar as reações químicas das reações nucleares?