

UFRRJ
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROFQUI - PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
QUÍMICA EM REDE NACIONAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Desenvolvimento e Aplicação de uma Estratégia Combinando
Ferramentas Facilitadoras de Ensino para o Ensino de Química no
Ensino Médio, incluindo Métodos Computacionais e Arte de Rua**
Madonnaro

MARCUS VINÍCIUS HUNGARO FARIA

SEROPÉDICA, RJ

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFSSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL – PROFQUI

**Desenvolvimento e Aplicação de uma Estratégia Combinando Ferramentas
Facilitadoras de Ensino para o Ensino de Química no Ensino Médio, incluindo
Métodos Computacionais e Arte de Rua *Madonnaro***

MARCUS VINÍCIUS HUNGARO FARIA

Sob a orientação do Professor Doutor

Carlos Mauricio R. Sant'Anna

Dissertação submetida como requisito parcial
para obtenção do Grau de Mestre em Química,
no Programa de Mestrado Profissional em
Química em Rede Nacional – PROFQUI, Área
de Concentração em Química.

SEROPÉDICA, RJ
2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F224d Faria, Marcus Vinicius Hungaro, 1986-
Desenvolvimento e Aplicação de uma Estratégia
Combinando Ferramentas Facilitadoras de Ensino para o
Ensino de Química no Ensino Médio, incluindo Métodos
Computacionais e Arte de Rua Madonnaro / Marcus
Vinicius Hungaro Faria. - rio de janeiro, 2019.
84 f.

Orientador: Carlos Mauricio Rabello Sant'Anna.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
QUÍMICA - PPGQ, 2019.

1. Química. 2. Química Computacional. 3. Recursos
Didáticos. 4. Educação. 5. Programas Educacionais. I.
Sant'Anna, Carlos Mauricio Rabello, 1965-, orient. II
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA - PPGQ III. Título.

FICHA DE AVALIAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL – PROFQUI

MARCUS VINICIUS HUNGARO FARIA

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de MESTRE EM QUÍMICA, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – Área Química.

Dissertação aprovada em 10/07/2019

Banca Examinadora:

Professor Doutor CARLOS MAURICIO RABELLO DE SANT'ANNA
Orientador e Presidente da Banca - UFRRJ

Professor Doutor ANDRE MARQUES DOS SANTOS
Avaliador – UFRRJ

Professor Doutor MARCELO HAWRYLAK HERBST
Avaliador Suplente – UFRRJ

Professora Doutora PAULA MACEDO LESSA DOS SANTOS
Avaliadora – UFRJ

Professora Doutora SIMONE PEREIRA DA SILVA RIBEIRO
Avaliadora Suplente – UFRJ

À minha família, em especial à minha mãe, por todo amor e luta para conseguir me proporcionar a melhor educação possível, e a todos os alunos e alunas que de alguma forma em algum momento se sentiram desmotivados para estudar Química e precisaram encontrar forças para superar as dificuldades impostas por essa ciência tão complexa.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Marcelo Faria e Solange Hungaro, por todo o amor incondicional, a dedicação e o apoio dado a mim durante toda minha vida. Sei o quanto vocês zelam por mim e que a cada jornada vitoriosa minha, ou de qualquer um dos filhos, representa mais para vocês do que para nós. Saibam que meu amor por vocês é infinito e sem vocês nada disso seria possível.

Agradeço a orientação paciente e compreensível do meu orientador/mestre/amigo Prof^o Dr^o Carlos Maurício R. Sant'Anna, que me acompanha desde os tempos de iniciação científica, isso ainda no 4^o período da Graduação (2010/1), por sempre acreditar no meu empenho e capacidade. Sou muito grato por tudo, principalmente por sua compreensão.

Aos amigos da República *Jambalaya*, que eu também posso chamar de família. Obrigado Marcelo (Samuca), Adir (Magrão), Tarcísio, Débora (Debs), Héverton (Bixo), Antony, Flavio Henrique (Purê), Fábio (Fabinho), essa dissertação tem um pouco de cada um de vocês.

A minha namorada, Flaviana Pantoja, que esteve presente onde eu mais precisei, com sua sabedoria, paciência, carinho e amor. Eu espero poder te devolver sempre tudo em dobro, obrigado por tudo!

Agradeço a toda comunidade da escola Santa Mônica Centro Educacional (SMCE), por ter me proporcionado a estrutura necessária para que o processo de experimentação desse trabalho pudesse ser concluído. Um agradecimento especial a Supervisão Pedagógica (Prof.^a Fabiana Andrade), a Direção (Prof.^o Djeison Maciel), por toda confiança depositada no meu trabalho, e a todo corpo docente da Unidade Seropédica, obrigado por tudo.

Agradeço ao Prof^o Marcelo Coelho, um amigo, companheiro de trabalho, por me proporcionar uma das experiências mais fantásticas que tive como Professor do EM, onde me ajudou a concretizar um sonho, a criação de uma aula interdisciplinar em que conseguimos ensinar Química através da Arte. Admiro muito sua história de luta, me identifico muito com sua história de vida! Obrigado por tudo.

Agradeço especialmente aos professores participantes da banca, Prof.^a Dr.^a Paula Lessa e Prof.^o Dr.^o André Marques, meu muito obrigado por todas as considerações, vocês foram parte fundamental deste trabalho, meu muito obrigado.

Aos amigos que fiz durante as aulas do Mestrado. Pessoas maravilhosas e de conhecimento ímpar, foi um prazer conversar e debater ideias com todos vocês.

Ao corpo docente e técnico administrativo do Programa de Pós Graduação em Química da UFRRJ, em especial aos mestres que acompanham desde os tempos de graduação, tenho um carinho e admiração todo especial por vocês (Prof.º Dr.º Carlos Maurício, Prof.º Dr.º Marco Edilson, Prof.ª Dr.ª Rosane Nora, Prof.º Dr.º João Baptista, Prof.º Dr.º Marcelo Herbst, Prof.º Dr.º Aurélio Ferreira, Prof.º Dr.º Glauco Bauerfeldt e Prof.ª Dr.ª Andressa Esteves) e aos mestres que tive a oportunidade de conhecer nessa nova jornada, em especial os mestres Prof.º Dr.º Roberto e Prof.º Dr.º André Marques. Obrigado à todos pela dedicação, ensinamentos, empenho e por ter me dado condições para concluir minha pesquisa.

Às Universidades Públicas, que são os maiores tesouros que o povo brasileiro possui e em especial a Universidade Federal Rural do RJ, a nossa querida Rural, que sempre me acolheu e me proporcionou os melhores anos da minha vida.

Em suma, muito obrigado a todos e todas que me ajudaram ao decorrer desses quase dois anos. Ninguém nunca vence sozinho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Apoio de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Brasil) – Código de Financiamento 001.

Muito Obrigado!

RESUMO:

FARIA, Marcus Vinicius Hungaro. **Desenvolvimento e Aplicação de uma Estratégia Combinando Ferramentas Facilitadoras de Ensino para o Ensino de Química no Ensino Médio, incluindo Métodos Computacionais e Arte de Rua *Madonnaro***. 84 p Dissertação (PROFQUI – Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional). Instituto de Química. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

O presente trabalho apresenta uma investigação a respeito do uso de ferramentas combinadas e facilitadoras de ensino para o ensino de Química para estudantes do Ensino Médio, em uma escola particular no município de Seropédica, RJ. O trabalho foi realizado em três fases. A fase 1 do trabalho foi composta por 3 etapas, iniciando com a leitura e posterior mesa redonda para debates de um livro pré-selecionado que trata do tema “História da Ciência”. Logo após, foi aplicado o jogo “baralho da Química da UFRJ” como fonte didática alternativa para aprendizado do tema estrutura atômica e tabela periódica. Ao fim da fase 1, foi aplicado o jogo didático *on-line* “jogo de adivinhas da tabela periódica”. A fase 2 foi iniciada com a aplicação de aulas práticas com recursos computacionais, utilizando inicialmente o programa educacional *ACD/ChemSketch®* pertencente ao pacote *ACD/Labs*. Ao final da fase 2, usando como referência a parte lúdica que a visualização de imagens pode oferecer e aproveitando as imagens projetadas em três dimensões acessíveis com ferramentas computacionais, um projeto interdisciplinar envolvendo as disciplinas de Artes, Matemática e Química foi realizado com o intuito de potencializar o ensino de Química através da arte de rua *Madonnaro*. A fase 3 foi realizada com o objetivo de utilizar aplicativos de celulares voltados para o ensino da Química, que possam fornecer informações sobre reações Químicas e propriedades eletrônicas dos elementos químicos, como o aplicativo gratuito para a plataforma digital Android *Mo-Cubed*. Ao final da fase 3 foram aplicados dois questionários com a função de se obter dados sobre a utilização dos métodos combinados em sala de aula e informações gerais sobre o uso de tecnologia na educação. Os resultados obtidos são animadores, uma vez que os alunos estão demonstrando maior interesse por aulas diferentes dos padrões tradicionais, expositivas, além de estarem melhorando seus rendimentos escolares nas avaliações educacionais rotineiras e suas perspectivas sobre a ciência, de forma geral.

Palavras-chave: Educação em Química; Química Computacional; Programas Educacionais; Recursos Didáticos.

ABSTRACT

FARIA, Marcus Vinicius Hungaro. **Development and Application of a Strategy Combining Facilitating Teaching Tools for High School Chemistry Teaching, including Computational Methods and Street Art Madonnaro.** 84 p Dissertation (PROFQUI - Professional Master Program in Chemistry in National Network). Institute of Chemistry. Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

This work presents an investigation about the use of combined and facilitating teaching tools for the teaching of chemistry to high school students in a private school in the city of Seropédica, RJ. The work was carried out in three phases. Phase 1 of the work consisted of 3 stages, starting with the reading and later roundtable discussion of a pre-selected book that deals with the theme “History of Science”. Soon after, the game "deck of Chemistry - UFRJ" was applied as an alternative didactic source for learning the theme atomic structure and periodic table. At the end of phase 1, the online didactic game “periodic table guessing game” was applied. Phase 2 started with the application of practical classes with computational resources, initially using the ACD / ChemSketch® educational program belonging to the ACD / Labs package. At the end of phase 2, using as a reference the playful part that image visualization can offer and taking advantage of images projected in three dimensions accessible with computational tools, an interdisciplinary project involving the disciplines of Arts, Mathematics and Chemistry was carried out with the aim of enhance the teaching of Chemistry through the street art *Madonnaro*. Phase 3 was conducted with the goal of using Chemistry-oriented mobile phone applications that can provide information about chemical reactions and electronic properties of chemical elements, such as the free app *Mo-Cubed* for the Android digital platform. At the end of phase 3, two questionnaires were applied to obtain data on the use of combined methods in the classroom and general information on the use of technology in education. The results are encouraging, as students are showing greater interest in classes that are different from traditional, expository standards, and are improving their school performance in routine educational assessments and their perspective on science in general.

Keywords: Chemistry Education; Computational chemistry; Educational programs; Didactic resources.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Dados Uso de <i>Smartphone</i>	63
Gráfico 2: Dados do uso de Sistema Operacional em <i>smartphone</i>	63
Gráfico 3: Dados do uso de tecnologia digital em sala de aula.	64
Gráfico 4: Dados das disciplinas em que os alunos já utilizaram tecnologia digital.	64
Gráfico 5: Dados do uso de tecnologia digital para o aprendizado de Química.	65
Gráfico 6: Avaliação do jogo digital de adivinha da tabela periódica.	65
Gráfico 7: Avaliação do programa ACD/Labs	66
Gráfico 8: Avaliação da arte de Rua <i>Madonnaro</i>	66
Gráfico 9: Avaliação do aplicativo <i>Mo-Cubed</i>	67
Gráfico 10: Faixa etária dos indivíduos envolvidos no questionário 2.....	68
Gráfico 11: Escolaridade dos indivíduos envolvidos no questionário 2.	69
Gráfico 12: Uso do <i>Smartphone</i> pelos indivíduos envolvidos no questionário 2.	69
Gráfico 13: Sistema operacional utilizado pelos indivíduos envolvidos no questionário 2.	70
Gráfico 14: Uso de tecnologia digital em sala de aula pelos indivíduos envolvidos no questionário 2.	70
Gráfico 15: Disciplinas com uso de tecnologia digital pelos indivíduos envolvidos no questionário 2.	71
Gráfico 16: Contribuição da tecnologia digital para o aprendizado.	71
Gráfico 17: Opinião sobre déficit de atenção com o uso de tecnologia em sala de aula.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadro Fase 1.....	33
Tabela 2: Quadro Fase 2.....	35
Tabela 3: Quadro Fase 3.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interface do baralho de Química da UFRJ.	24
Figura 2: Interface do Jogo de Adivinhas da TP	24
Figura 3: Interface do programa ACD/ChemSketch®	26
Figura 4: Interface do aplicativo Mo-Cubed oferecido por Advanced Mobile Apps for Science & Education.	28
Figura 5: Vista aérea do local onde é realizado o Encontro de Madonnaros (COMUNE DI CURTATONE).	30
Figura 6: O artista madonnaro. Obra produzida como exposição da técnica aos alunos do 8º ano do CIEP Brizolão 294 Candido Jorge Capixaba, em Mangaratiba, RJ.	31
Figura 7: visualização da estrutura 3D do etanol e do ácido etanóico utilizando o programa ACD/ChemSketch®.....	36
Figura 8: Desenho estrutural da molécula CH ₄ , utilizando e visualizando o recurso de mediação da distância relativa entre a ligação C-H (valor de 1,111Å) utilizando o programa ACD/ChemSketch®.....	37
Figura 9: Molécula de cicloexano em estrutura 2D desenhada no programa ACD/Labs....	45
Figura 10: Molécula de cicloexano sendo projetada em uma imagem em 3D utilizando recursos de transposição de imagem 2D para 3D oferecido no programa educacional ACD/Labs.....	46
Figura 11: Demonstração da utilização do recurso cálculo da distância relativa entre os átomos (Bond Length)	48
Figura 12: Moldes estruturais criados pelos alunos da turma da 1ª série com palitos de dentes e jujubas que representam a Geometria Linear representada por moléculas monoatômicas e diatômicas.....	49
Figura 13: Moldes estruturais criados pelos alunos da turma da 1ª série com palitos de dentes e jujubas que representam a Geometria Angular.	50
Figura 14: Moldes estruturais criados pelos alunos da turma da 1ª série com palitos de dentes e jujubas que representam a Geometria Pirâmidal.....	50
Figura 15: Moldes estruturais utilizando palitos de dentes e jujubas representando as geometrias moleculares trabalhadas no Ensino Médio.....	51
Figura 16: <i>Madonnaro</i> de moléculas com geometria molecular piramidal (NH ₃ , PH ₃ e AsH ₃).	52
Figura 17: <i>Madonnaro</i> de moléculas pertencentes às geometrias: linear, angular, piramidal e tetraédrica.	52
Figura 18: <i>Madonnaro</i> de moléculas pertencentes às geometrias: linear, angular, trigonal e tetraédrica (incorreta).....	53
Figura 19: <i>Madonnaro</i> de moléculas pertencentes às geometrias: linear, angular, piramidal e tetraédrica.	54
Figura 20: <i>Madonnaro</i> de moléculas pertencentes à geometria tetraédrica.....	54
Figura 21: <i>Madonnaro</i> de molécula pertencente à geometria tetraédrica onde também é possível ver um erro evidente na estrutura 3D do tetrabrometo de metila representado em estrutura 2D.	54
Figura 22: Área da escola utilizada como referência para a prática do Madonnaro.....	55
Figura 23: Geometria tetraédrica representada pela arte de rua Madonnaro.	55

Figura 24: Tela de construção de imagens em estruturas em bastão do aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.	57
Figura 25: Visualização de estruturas 3D disponibilizada pelo aplicativo de celulares Android Mo-Cubed.	57
Figura 26: Sequência de visualização de informações disponíveis através da função “PubChem” fornecidos pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.	58
Figura 27: Visualização do mapa de potencial eletrostático do fenol fornecido pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.	59
Figura 28: Visualização do mapa de potencial eletrostático do ácido acético fornecido pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.	60
Figura 29: Visualização do mapa de potencial eletrostático da propanona fornecido pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.	61
Figura 30: Visualização do mapa de potencial eletrostático do éter dietílico fornecido pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVO	16
3. REVISÃO DA LITERATURA	17
3. 1. RECURSOS DIDÁTICOS E NOVAS ABORDAGENS PARA O ENSINO DE QUÍMICA	17
3. 2. CONTEXTUALIZANDO A QUÍMICA EM SALA DE AULA POR MEIO DA HISTÓRIA DA QUÍMICA	20
3. 3. O USO DE JOGOS NO ENSINO DE QUÍMICA.....	23
3. 3. 1. JOGOS FÍSICOS.....	23
3. 3. 2. JOGOS VIRTUAIS.....	24
3. 4. O USO DE PROGRAMAS DE COMPUTADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA	25
3. 5. QUÍMICA E ARTE: MODELAGEM DE MOLÉCULAS E A ARTE DO <i>MADONNARO</i>	28
4. METODOLOGIA	31
4. 1. DESCRIÇÃO GERAL DA ESCOLA.....	32
4. 2. PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES	32
4. 2. 1. FASE 1	32
4. 2. 2. FASE 2	35
4. 2. 3. FASE 3	41
4. 3. AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5. 1. FASE 1	44
5. 2. FASE 2	45
5. 3. FASE 3	55
5. 4. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS	63
6. PRODUTO DA DISSERTAÇÃO	73
7. CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXO I.....	78
ANEXO II	79
ANEXO III.....	80
ANEXO IV.....	81
ANEXO V	83

1. INTRODUÇÃO

A disciplina de Química faz parte do currículo escolar do Ensino Médio, sendo ministrada nos três anos nos quais se desenvolve esse nível de escolaridade. Em alguns municípios ou ainda em determinadas escolas particulares há turmas de 9º ano do Ensino Fundamental com aulas de Química, mesmo que sejam ministradas dentro da disciplina de Ciências, a qual normalmente é dividida nas áreas de Biologia, Química e Física. É possível observar certo desinteresse pelos ensinamentos de Química por parte dos estudantes durante o Ensino Médio, que possuem ainda uma visão distorcida sobre a disciplina, considerando que a Química não faz parte do seu cotidiano (ARROIO *et al.*, 2006).

Alguns fatores estão sendo estudados e apontados como impedidores de uma melhoria na prática pedagógica do Ensino de Química no Brasil, tais como: os baixos salários dos professores, o pouco tempo disponível para preparar as aulas, a carência de material didático apropriado e as condições de trabalho muitas vezes deficientes; observam-se ainda fatores ligados à falta de contextualização dos conteúdos e ao fato da Química ser uma ciência teórica e prática e as escolas nem sempre possuem laboratórios adequados (FRACALANZA *et al.*, 1986).

Nos dias atuais há uma grande preocupação com o processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais, especialmente no que diz respeito ao ensino de Química. O fato de a Química ser uma ciência essencialmente representada por símbolos, empregando imagens para representar fenômenos e compostos, é visto como uma dificuldade no processo de aprendizagem dos alunos. O aluno, para reconhecer tais símbolos, precisa ser capaz de mudar uma determinada forma de representação em outra equivalente e/ou semelhante, da melhor maneira possível. Com base nessa preocupação, estudiosos e pesquisadores de Educação em Química têm buscado melhorias para o entendimento conceitual (concepções) dos alunos (Wu, H.; Krajcik, *et al.*, 2001). Para que esse objetivo possa ser cumprido, esses pesquisadores têm procurado identificar os enganos mais comuns dos alunos, isto é, suas deficiências em pensar em nível molecular e criar métodos de acesso e compreensão conceitual, bem como na prática de novas formas de instrução Química (SANGER & BADGER, 2001).

Estudos recentes apontam que a aplicação de atividades lúdicas, a utilização de computadores, de Jogos Digitais (JD), bem como da História da Ciência (HC), são as estratégias diferenciadas de ensino mais utilizadas, apesar das dificuldades de implementá-

las em ambiente escolar (FERREIRA, L.H.; CORREA, K.C.; DUTRA, J.L., 2015).

Os Programas Educacionais (PE) são recursos digitais que podem ser usados como ferramentas no processo de ensino-aprendizagem, potencializando e contribuindo de forma significativa nas melhorias da aprendizagem dos alunos. Esses recursos possibilitam que o aluno adquira conceitos em determinadas áreas do conhecimento, oferecendo um amplo conjunto de situações, procedimentos, e representações simbólicas; ferramentas estas que potencializam e atendem boa parte dos conteúdos das disciplinas. Na disciplina de Química, por exemplo, os programas proporcionam a demonstração e a simulação de vários conceitos, facilitando o aprendizado através de visualização dinâmica em diversos campos desta área (RAUPP; SERRANO e MARTINS, 2008).

Com a proposta de adequar e inovar a metodologia do ensino de Química, através da utilização de recursos tecnológicos que promovam qualidade ao processo de ensino e aprendizagem, este trabalho utilizará as estratégias combinadas de HC, JD e PE como ferramentas facilitadoras de ensino, dentro de uma estratégia metodológica na disciplina da ciência Química.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é apresentar uma investigação a respeito de ferramentas facilitadoras de ensino como método complementar para o ensino de Química, que possam servir de apoio ao professor para tornar as aulas de Química para alunos do Ensino Médio, mais interessantes, didáticas e dinâmicas.

Seguem também os objetivos específicos:

- Fazer a leitura do livro “O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química”, de Paul Strathern (prólogo, 1. No começo, 2. A prática da alquimia);
- Aplicar o “baralho da Química UFRJ” (<http://jogos.iq.ufrj.br/home.html>);
- Utilizar o Jogo Digital “jogo de adivinhas da tabela periódica”;
- Utilizar o Programa Educacional (PE) *ACD/ChemSketch*® pertencente ao pacote *ACD/Labs* que possibilita a realização de desenhos de estruturas moleculares complexas, realizar cálculos simples sobre a estrutura molecular (massa molar, distância entre os átomos, ângulos de ligação, etc.) obtendo, assim, as propriedades básicas das moléculas;
- Aplicar o projeto “O ENSINO DA QUÍMICA ATRAVÉS DA

PRÁTICA DO MADONNARO” (Marcus V. H. Faria, Marcelo A. Coelho, 2018), onde será realizado uma aula interdisciplinar entre as disciplinas Química, Matemática e Artes, afim de potencializar o ensino de Química através da arte de rua intitulada “*Madonnaro*;

- Utilizar Programa Educacional (PE) de modelagem molecular *Mo-Cubed*, que fornece informações sobre reações Químicas e propriedades eletrônicas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3. 1. RECURSOS DIDÁTICOS E NOVAS ABORDAGENS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Uma das formas de se promover um ensino de qualidade é por meio do emprego de tecnologias que se apresentam como uma ferramenta pedagógica que propicie a integração do aluno no mundo digital, através da otimização dos recursos disponíveis, possibilitando uma variedade de formas de acesso ao conhecimento, de forma dinâmica, autônoma, prazerosa e atual. As mídias há muito tempo abandonaram suas características de mero suporte tecnológico e criaram sua própria linguagem e maneira particular de comunicar-se com as capacidades perceptivas, emocionais, cognitivas, intuitivas e comunicativas das pessoas (KENSKI, 2004).

A utilização dos recursos tecnológicos na prática educativa da disciplina de Química requer um planejamento, cuja metodologia deve estar centrada na realidade da vida e na sociedade. O professor de ciências naturais hoje pode substituir uma parte das experiências de laboratório – que continuam contribuindo para o processo de ensino-aprendizagem – através das operações virtuais que tomam menos tempo, porque é possível multiplicar as tentativas e os erros, sabendo imediatamente os resultados, e modificar as estratégias de acordo com a necessidade (PERRENOUD, 2000).

Tais mudanças dependem da disponibilidade de acesso às tecnologias digitais móveis e à *internet*. Nesse contexto, dados de 2013 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) apontavam que o percentual de pessoas que tinham telefone móvel celular para uso pessoal na população de 10 anos ou mais de idade era de 80,0% (IBGE, 2015). Esse estudo ainda revela que, em 2013, dos 28 milhões de estudantes da rede pública, 68,0% utilizavam a *internet*, enquanto que na rede particular esse percentual chegou a 96,3% (IBGE, 2015). O cenário descrito aponta para uma nova realidade educacional, “marcada pela rápida e crescente produção, disseminação e uso de diferentes

tecnologias digitais interligadas em rede” (SCHLEMMER, 2011). Contudo, diante das transformações ocorridas na sociedade atual e da necessidade de programar mudanças que visem à integração das tecnologias digitais no espaço escolar, Borba e Lacerda (2015) ressaltam a importância da realização de novos estudos que busquem contribuir para a construção de novas práticas educacionais mediadas pelo uso de dispositivos móveis e seus aplicativos.

A utilização das tecnologias digitais móveis como *tablets*, *laptops*, telefones celulares/*smartphones* têm provocado alterações em diversos setores da sociedade, isso se deve em grande parte à versatilidade de funções que os mesmos podem desempenhar e às diversas possibilidades geradas pelo uso de aplicativos. A esse respeito, Moran (2012) destaca a mobilidade, flexibilidade temporal, espacial e a conectividade como características principais dos dispositivos móveis. Com a mobilidade ampliam-se os espaços de acesso às informações, antes restrito aos espaços formais de educação, o que, por sua vez, também influencia os processos de aprendizagem e o próprio espaço escolar (MOLIN; RAABE, 2012). Tais características citadas anteriormente unem-se às mais diversas funcionalidades oferecidas por meio de diferentes aplicativos, os quais podem ser definidos como “programas aplicativos desenvolvidos para dispositivos móveis, de baixo custo, com o objetivo de realizar tarefas específicas, equiparadas a programas de computador” (FEIJÃO, 2013).

Sobre a investigação e análise de aplicativos para *tablets* e *smartphones*, alguns estudos são reportados, entre eles os estudos de Nichele e Schlemmer (2013), que buscaram investigar os aplicativos produzidos e disponibilizados pelas lojas virtuais de aplicativos com diferentes sistemas operacionais (Android e iOS), com potencial para serem explorados no contexto do ensino de Química, assim como quais eram os temas mais explorados, considerando suas especificidades. Já os estudos de Valletta (2015) trazem reflexões a respeito do uso e potencialidades pedagógicas de uma lista de 427 aplicativos não gratuitos. Tais reflexões mostram-se relevantes, visto que os dispositivos móveis e a maioria de seus aplicativos não foram desenvolvidos e planejados para o uso educacional, embora possam ser integrados e explorados suas potencialidades em ambientes escolares (SONEGO; BEHAR, 2015).

A esse respeito Valletta (2014) enfatiza que o uso de aplicativos quando selecionados para o fim o qual se propõe pode auxiliar o professor a trabalhar competências cognitivas mais elevadas. Assim, fatores como a mobilidade, interatividade e visualização presentes em aplicativos voltados à área da Química podem ser explorados em situações de

ensino para possibilitar aos discentes ampliar a compreensão da Química, permitindo a construção de relações mais claras no que refere às três dimensões de representação do conhecimento químico: macroscópicas, submicroscópicas e simbólicas, e suas complexas relações, descritas por Giordan (2008) como um dos desafios da Educação Química.

A popularização e o uso das tecnologias digitais móveis de acesso à *internet* como celulares, *smartphones*, *tablets*, *laptops* têm aumentado nos últimos anos e mudado a forma como as pessoas se relacionam, acessam informações, organizam, produzem e compartilham conhecimentos em diferentes espaços sejam eles escolares ou não (SCHLEMMER, 2011; BORBA; SCUCUGLIA; GADANIDIS, 2014). Nesse contexto, as instituições de ensino, enquanto espaço de formação, precisam se adequar e incorporar as mudanças tecnológicas ocorridas na sociedade visando aprimorar a relação entre escola e as tecnologias digitais de modo que ambas possam ser repensadas no que se refere ao processo de ensino (BELO, 2014).

Os alunos apresentam grande desinteresse escolar, de uma maneira geral, pois se veem distantes de suas realidades sociais, onde a tecnologia está inserida de uma forma natural, onde muitos desses alunos já nasceram com essas tecnologias já existentes, e inseridas no dia a dia comum da sociedade moderna. O afastamento da realidade escolar do cotidiano do aluno, com o uso de ferramentas computacionais muitas vezes sendo ignorado e, quando usado, muitas vezes mal aproveitados, torna as aulas de Química, de uma maneira geral, apenas uma relação de transmissão e reprodução de conteúdos didáticos, não havendo espaço para criação de debates e questionamentos pertinentes a esta ciência.

Conforme (ARROIO et al., 2006), os alunos possuem uma visão distorcida da ciência Química, acreditando que a disciplina não faz parte do seu cotidiano. Porém, uma vez que o uso de ferramentas computacionais é adicionado ao cotidiano escolar do aluno, com o uso de aplicativos de celulares, abrangendo desde a formulação de teorias até resolução de exercícios práticos, os alunos podem sentir que esse espaço mais próximo a sua realidade do cotidiano, uma vez que essa geração pós 2000, hoje discentes do ensino médio, o celular é muitas vezes um item obrigatório na vida do aluno.

Quanto a SANGER & BADGER, 2001, ao terem procurado identificar os enganos mais comuns dos alunos, esta proposta auxilia no aspecto do pensar a nível molecular, uma vez que os alunos terão livre acesso a muitas informações de moléculas utilizadas no seu cotidiano, aliado ao prazer de poder construir e rotacionar as estruturas moléculas em três dimensões.

Este trabalho reitera RIBEIRO & GRECA, 2003, ao mostrar que o uso de

ferramentas computacionais é uma alternativa para incrementar os recursos didáticos das aulas de Química, com o surgimento de programas educativos voltados para o ensino, programas de computadores e aplicativos de celulares, que oferecem subsídios ao professor para complementar o processo de ensino-aprendizagem.

Nesse contexto, as instituições de ensino, aqui representadas pela escola no qual o trabalho foi executado, precisam se adequar e incorporar as mudanças tecnológicas ocorridas na sociedade, visando aprimorar a relação entre escola e as tecnologias digitais de modo que ambas possam ser repensadas no que se refere ao processo de ensino (BELO, 2014).

3. 2. CONTEXTUALIZANDO A QUÍMICA EM SALA DE AULA POR MEIO DA HISTÓRIA DA QUÍMICA

O desenvolvimento da Tabela Periódica (TP) nos remete a uma abordagem histórica, acompanhada de movimentos políticos, sociais e econômicos e, nesse contexto, a História da Química/História da Ciência é considerada outra importante ferramenta pedagógica, utilizada por professores para ensinar a TP. Esta forma de trabalhar pode aumentar a compreensão sobre o “funcionamento” da TP, bem como sobre a própria história dos elementos (FLÔR, 2009).

Apesar de ser uma estratégia interessante, a História da Química/História da Ciência nos livros didáticos, tendo como contexto a TP e seu desenvolvimento, é tida como algo linear sem a evolução do desenvolvimento histórico científico, sendo que o trabalho de alguns cientistas é apenas relatado como fato histórico e a atenção é amplamente voltada para Dmitri Mendeleiev. Contudo, os livros didáticos (LDs) ainda são o instrumento de aprendizagem mais utilizado em sala de aula, na qual este pode ser apenas um material de consulta para guiar, tanto professores como alunos, ou pode ser também o único recurso de aprendizagem.

A utilidade que os LDs representam para o conhecimento é de grande relevância, pois ainda há grande preocupação por parte dos professores com o conteúdo programático das escolas. Diante desta preocupação, é importante que as obras aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático (BRASIL, 2012) sejam capazes de apresentar a construção da TP de forma contextualizada, auxiliando os alunos e alunas a compreenderem que a construção da TP é fruto do trabalho de vários cientistas anteriores a Mendeleiev. Segundo Piccoli (2011), atribuir sentido à aprendizagem de alguns conceitos pode motivar os alunos e alunas, e uma das alternativas para atribuir sentido é desafiar os alunos a se transportarem

no tempo, através da história.

Assim, é possível identificar o que, para a época, eram as necessidades, os questionamentos e raciocínios que os cientistas desenvolviam, bem como os diálogos com seus contemporâneos. Enfatizando esse contexto, Piccoli (2011) ressalta que, quando o aluno conhece alguns dos métodos que levaram ao desenvolvimento de um determinado conceito, as modificações que ele sofreu e os cientistas que tentaram defini-lo é possível compreender melhor o conhecimento dos dias atuais.

Foram escolhidos trechos do livro “O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química” de Paul Strathern, para serem utilizados em sala de aula com os alunos e alunas. O primeiro, localizado entre as páginas 2 e 3 do Prólogo, no qual o autor faz uma alusão da quantidade de elementos químicos que eram conhecidos e catalogados ao final do século XIX, um total de 63, e uma importante diferenciação entre o conceito de átomos e elementos químicos, conceito importante para ser trabalhado no início do aprendizado em Química no Ensino Médio.

Muitos alunos e alunas apresentam dificuldade em compreender que um elemento químico é um conjunto de átomos desse mesmo elemento químico. A narrativa ainda aponta o “problema” resolvido por Mendeleiev, ao conseguir uma maneira de organizar os elementos químicos já conhecidos até então, através de suas propriedades químico-físicas já sabidas à época (massas atômicas, densidade relativa, pontos de fusão e ebulição, cor, etc.), relacionando com a massa atômica relativa dos átomos. O autor descreve: “[...] havia-se descoberto que alguns deles possuíam propriedades vagamente similares, o que permitia classificá-los conjuntamente em grupos”.

Segue o primeiro trecho retirado do livro “O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química” entre as páginas 2 e 3 do Prólogo, para debate em sala em de aula:

“Em 1868 Mendeleiev estava debruçado sobre o problema dos elementos químicos. Eles eram o alfabeto de que a língua do universo se compunha. Àquela altura, 63 diferentes elementos químicos haviam sido descobertos. Iam desde o cobre e o ouro, que eram conhecidos desde tempos pré-históricos, ao rubídio, que fora detectado recentemente na atmosfera do Sol. Sabia-se que cada um desses elementos consistia de átomos diferentes, e que os átomos de cada elemento apresentavam propriedades singulares próprias. No entanto, havia-se descoberto que alguns deles possuíam propriedades vagamente similares, o que permitia classificá-los conjuntamente em grupos. Sabia-se também que os átomos que compunham os diferentes elementos tinham pesos atômicos diferentes. O elemento mais leve era o hidrogênio, com peso atômico de 1. O elemento mais pesado conhecido, o chumbo, tinha um peso atômico estimado em 207. Isso significava que era possível arrolar os elementos de forma linear segundo seus pesos atômicos ascendentes. Ou reuni-los em grupos com propriedades semelhantes. Vários cientistas haviam começado a suspeitar de que existia uma

ligação entre esses dois métodos de classificação – alguma estrutura oculta em que todos os elementos se baseavam.” - Primeiro trecho retirado do livro “*O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química*” (Prólogo)

No parágrafo seguinte, o segundo trecho retirado do livro na página três, o autor faz uma relação entre as disciplinas que compõe as ciências da natureza de maneira bastante singular, na qual ele compara o trabalho de Mendeleiev, ao trabalho de outros dois gigantes das ciências, Newton (na Física) e Darwin (na Biologia). Um fator muito importante é a tentativa de realçar para os alunos e alunas que a Química não é uma ciência isolada, que há um diálogo com outros ramos das ciências da natureza, e que essa construção ao longo do tempo foi conjunta.

Segue ainda o segundo trecho do livro “*O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química*”, retirado da página 3 do Prólogo, para debate em sala em de aula:

“Na década anterior, Darwin descobriu que todas as formas de vida progrediam por evolução. E dois séculos antes Newton descobriu que o universo operava segundo a gravidade. Os elementos químicos eram a cavilha entre os dois. A descoberta dessa estrutura faria pela Química o que Newton fizera pela física e Darwin pela biologia. Revelaria o esquema do universo. Mendeleiev estava ciente da importância de sua investigação. Aquele poderia ser o primeiro passo rumo à descoberta, em séculos futuros, do segredo último da matéria, o padrão sobre o qual a própria vida se fundava, e talvez até as origens do universo. Sentado à sua mesa sob os retratos dos filósofos e dos físicos, Mendeleiev continuava a ponderar esse problema aparentemente insolúvel. Os elementos tinham diferentes pesos. E tinham diferentes propriedades. Podia-se enumerá-los e podia-se agrupá-los. De algum modo, simplesmente tinha de haver uma ligação entre esses dois padrões.” - Segundo trecho retirado do livro “*O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química*” (Prólogo)

O terceiro trecho retirado do livro utilizado para finalizar a aula, localizado na página três, é interessante, pois com uma rápida investigação com alunos, e possível perceber até onde vão os conhecimentos químicos deles sobre o conteúdo de tabela periódica naquele momento do trabalho. Uma vez que o autor traz uma comparação, entre o fato de Mendeleiev conhecer os elementos químicos da mesma forma que um diretor de escola conheceria seus alunos, ao final da leitura será questionado aos alunos, quais elementos se encaixariam nessas características, e assim, de uma forma informal, saber o quanto os alunos sabem sobre as propriedades periódicas dos elementos químicos da tabela periódica no início do trabalho. Segue o terceiro trecho do livro “*O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química*”, para debate em sala em de aula:

“Mendeleiev era professor de Química na Universidade de São Petersburgo, sendo famoso por seu conhecimento enciclopédico dos elementos. Conhecia-os como um diretor de escola conhece seus alunos – os voláteis insociáveis, os

valentões, os maria vai com as outras, os que ficam misteriosamente aquém do esperado e os perigosos que é preciso vigiar. No entanto, por mais que tentasse, continuava incapaz de discernir qualquer princípio norteador em meio àquele turbilhão de características. Tinha de haver um em algum lugar. O universo científico não podia se basear simplesmente num ajuntamento aleatório de partículas singulares. Isso seria contrário aos princípios da ciência.” - Terceiro trecho retirado do livro “*O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química*” (Prólogo)

Outros trechos foram retirados do livro para que a discussão com os alunos e alunas acerca do conteúdo História e Evolução da Química fosse aprofundada e enriquecida com maiores informações e detalhes.

3. 3. O USO DE JOGOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Entre esses recursos, podemos colocar também, como fonte metodológica além dos PE e a HC, os Jogos Digitais (JD), que estão vencendo o consenso natural de que são infrutíferos e nocivos, e podem ser considerados educativos se desenvolverem habilidades cognitivas importantes, tais como resolução de problemas, percepção, criatividade e raciocínio rápido, dentre outras. Um jogo é denominado de jogo didático quando é elaborado com o objetivo de transmitir conteúdo específico (GODOI et al., 2010).

3. 3. 1. JOGOS FÍSICOS

Na realização da primeira aula experimental deste trabalho, foi apresentado aos alunos o “baralho da Química da UFRJ” (<http://jogos.iq.ufrj.br/home.html>) (Figura 1), no qual os 118 elementos químicos da tabela periódica são apresentados como cartas de baralho para jogar. Criado pelo Prof. Pierre Mothé Esteves, do Instituto de Química da UFRJ, homenageia Gilbert N. Lewis, que introduziu o conceito de pares de elétrons na Química em seu artigo de 1916 (*The Atom and the Molecule*, Lewis G. N., *J. Amer. Chem. Soc.* 1916.).

O jogo foi a “sueca Química” (regras anexo I), com duração de 30 minutos.

Com a “sueca Química”, os alunos puderam memorizar de forma lúdica e divertida nomenclatura, número atômico, período e número de elétrons na camada de valência dos elementos de transição do bloco d da tabela periódica, aspectos fundamentais no ensino de Química no Ensino Médio.

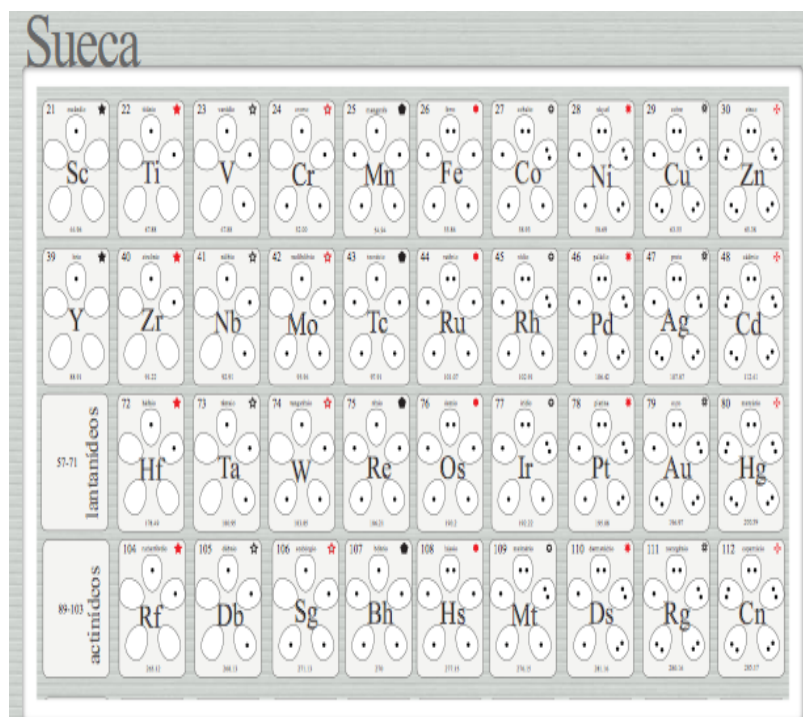


Figura 1: Interface do baralho de Química da UFRJ.

Disponível em: (<http://jogos.iq.ufrj.br/home.html>) Acesso em: 09 de agosto de 2018.

3. 3. 2. JOGOS VIRTUAIS

O jogo utilizado será “Jogo de Adivinhas da Tabela Periódica” (Figura 2), que aborda as propriedades e características dos elementos químicos, bem como a sua presença no cotidiano e a estrutura da tabela periódica, e sua contribuição para o ensino de Química.



Figura 2: Interface do Jogo de Adivinhas da TP

Fonte: Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/jogostp/jogos/adivinhas/index.html>> Acesso em: 25 de fevereiro de 2018.

Os JD podem ser considerados educativos se desenvolverem habilidades cognitivas importantes, tais como resolução de problemas, percepção, criatividade e raciocínio rápido, dentre outras. Segundo Ferreira e colaboradores (2014) o uso de estratégias alternativas no ensino de Química ainda é pouco frequente e, provavelmente, isto se deve à falta de clareza em relação aos objetivos pedagógicos que se pretende alcançar com o ensino de conteúdo. Excepcionalmente, são identificados conteúdos que merecem um tratamento diferenciado, como ocorre com a tabela periódica.

3. 4. O USO DE PROGRAMAS DE COMPUTADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Dentre os PE disponíveis para o exercício do ensino-aprendizado em Química, este trabalho utilizou o programa *ACD/ChemSketch*® pertencente ao pacote *ACD/Labs*. Este é um programa gratuito que pode ser utilizado livremente no ambiente escolar, contendo interface compatível com a maioria dos editores de texto e com a *Internet* (FLORES e MÓL, 2006). Apesar de ser disponibilizado apenas no idioma inglês, é um programa de fácil manipulação e usabilidade, podendo ser empregado na realização de diversas tarefas (GOMES e FILHO, 2012).

O *ACD/ChemSketch*® é um programa que permite construir estruturas químicas, incluindo compostos orgânicos, organometálicos e polímeros e realizar cálculos simples como a massa molar, e determinar distâncias entre os átomos, ângulos de ligação, etc. (GONÇALVEZ et al., 2014). Possibilita a construção de estruturas moleculares complexas, é gratuito, tem interface e comandos simples (Figura 3) e tem baixo custo computacional, o que possibilita a sua utilização mesmo em computadores de configuração modesta. Pelo fato deste programa disponibilizar diversas funções, não se limitando a uma tarefa específica, pode ser usado para realização de diversas tarefas relacionadas à Química (GOMES e FILHO, 2012).

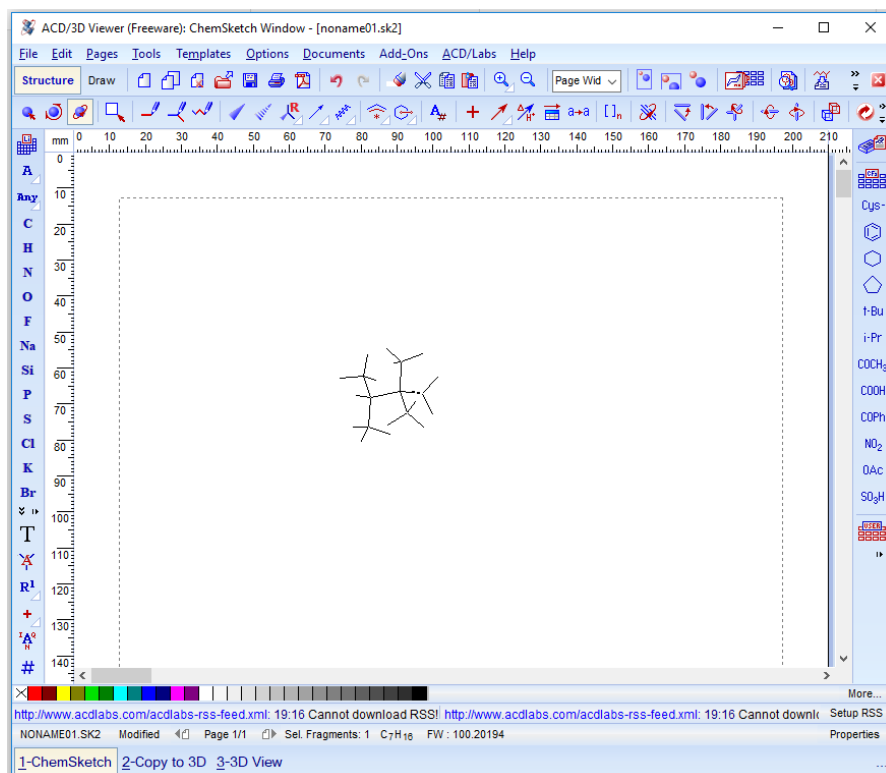


Figura 3: Interface do programa ACD/ChemSketch®

Fonte: (<http://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch>)

Assim, um novo aliado que pode ser explorado no processo de ensino/aprendizagem é o telefone celular, em particular os chamados *smartphones*, e seus aplicativos. A tecnologia que os celulares possuem nos dias atuais, aliada com a *internet*, fez com que a sociedade de uma forma geral mudasse seus hábitos diários, podendo-se observar o constante uso da *internet* e de outros recursos do aparelho celular. Essa realidade é verificada nos mais diversos ambientes, dentre eles a sala de aula, na qual a maioria dos alunos possui pelo menos um aparelho celular. A escola é detentora de regimentos, normas e regras e, diante de toda polêmica acerca da utilização de aparelhos celulares na sala de aula, uma dessas regras determina a proibição do uso de celular em sala de aula, salvo em atividades pedagógicas devidamente orientadas por um professor.

Diante das observações acima, esse trabalho explorou o aplicativo de modelagem molecular *Mo-Cubed* oferecido por *Advanced Mobile Apps for Science & Education*, que pode ser baixado gratuitamente na loja virtual *Play Store* para sistemas operacionais Android. O aplicativo *Mo-Cubed*, apesar do idioma inglês, pode ser usado por professores e alunos como uma ferramenta educacional para aulas de Química em todos os níveis, para procurar informações químicas disponíveis em bases de dados públicos ou para calcular as propriedades físicas e químicas de alguma estrutura do seu interesse. O aplicativo gratuito

conta uma interface simples (Figura 4), que simula um quadro branco onde, com o simples toque do dedo na tela do aparelho celular, é possível construir moléculas simples e complexas para o ensino de Química. O aplicativo possui funções que podem ser acessadas gratuitamente de grande valor para o professor e que podem ser acessadas e utilizadas em sala de aula, dentro de conteúdos pertinentes ao ensino de Química no ensino médio, tais como:

- Construção de estruturas moleculares visualizadas em 3D, que permite aos usuários criar e(ou) editar moléculas com representação de esferas e bastões. Como alternativa, os usuários podem desenhar moléculas em 2D e, em seguida, convertê-las em 3D para posterior edição ou tarefas mais complexas;
- Modo de pesquisa sobre diversas moléculas, atualmente permitindo aos usuários pesquisar o banco de dados PubChem;
- Previsão de estruturas e propriedades com recursos da Química quântica: Os usuários podem solicitar busca de uma estrutura mais estável (minimização de energia) e calcular propriedades químicas utilizando a Química quântica (atualmente através do método de orbital molecular semi-empírico PM7 do programa MOPAC2016);
- Análise de informações químicas em 3D ou através de gráficos: orbitais moleculares, superfície do potencial eletrostático;
- Armazenamento de dados no celular e(ou) compartilhamento com amigos e(ou) colaboradores;

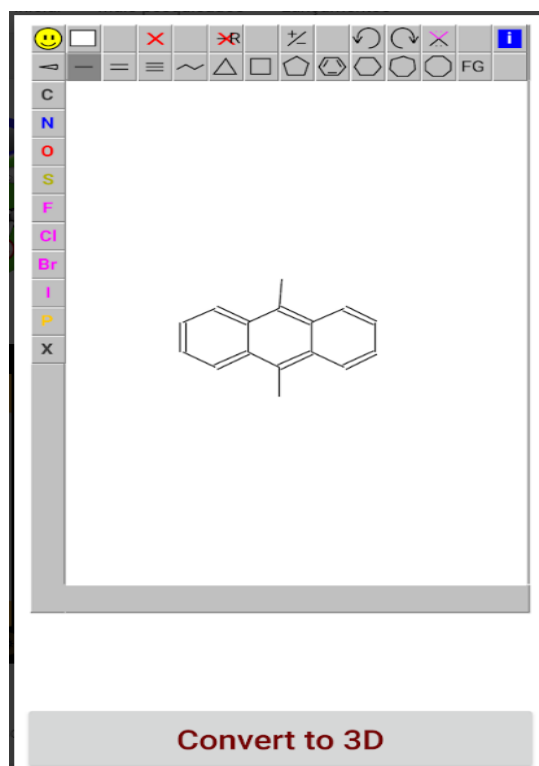


Figura 4: Interface do aplicativo Mo-Cubed oferecido por Advanced Mobile Apps for Science & Education.

Fonte: (https://play.google.com/store/apps/details?id=club.amase.mocubed&hl=pt_BR)
Acesso em: 25 de fevereiro de 2018.

No que se refere à visualização é preciso reconhecer que “o uso de representações imagéticas no ensino de Química decorre de uma evolução histórica” em que “conhecer e entender as diferentes formas de representação em Química tem sido uma das vertentes do ensino de Química” (FERREIRA; ARROIO, 2013). Nesse contexto, o uso de representações visuais pode trazer contribuições para a compreensão de fenômenos abstratos explorados pela Química. Embora se reconheça as potencialidades de tais representações visuais no processo de ensino, essas devem ser discutidas e exploradas, visto que diversos fatores podem interferir na forma como os alunos atribuem significado às imagens ou representações (FERREIRA; ARROIO, 2013).

3. 5. QUÍMICA E ARTE: MODELAGEM DE MOLÉCULAS E A ARTE DO MADONNARO

Em complementação às estratégias facilitadoras do ensino exploradas neste trabalho, foi elaborado o projeto “O ENSINO DA QUÍMICA ATRAVÉS DA PRÁTICA DO MADONNARO” (FARIA, Marcus V. H.; COELHO, Marcelo A. 2018), composto de aulas interdisciplinares envolvendo as disciplinas de Química, Matemática e Artes,

realizadas com o intuito de potencializar o ensino do conteúdo de geometria molecular visto no Ensino Médio por meio da Arte de rua conhecida como “*Madonnaro*”.

O *Madonnaro* tem como uma de suas características essenciais a efemeridade. Por tradição é feito sempre ao ar livre. Isso o torna uma arte de curtíssima durabilidade, existindo apenas no momento de sua criação. Logo é “(...) anulado pela primeira chuva ou pelos passos dos apressados pedestres” (NAALIN, 2000). Entretanto, essa mesma efemeridade fez com que o *Madonnaro* se constituísse em uma arte que dialoga perfeitamente com o espaço físico das igrejas à época até as escolas, casas, prédios, calçadas, e outros espaços na atualidade. Não há a danificação ou deterioração do espaço físico. Transcorria o século XVI quando mendicantes resolvem, reproduzir imagens da Madonna pelo chão durante as festividades em honra da Mãe de Jesus. Daí o nome ‘*Madonnaro*’ para a técnica e ‘*madonnaro*’ para classificar aqueles reproduziam tais imagens. Aliás, a origem do termo ‘*Madonnaro*’ é complexa. Enquanto Nalin (1982) localiza o nascimento do *Madonnaro* no século XVI, Campanaro (2014) fala de uma origem *madonnaro* logo após o século XII. Por esta época, os Artistas estariam reunidos sob o brasão da *Madonna della Rosa* – ou Virgem da Rosa. Campanaro (2014), publicou em seu blog, a conversa com um artista *madonnaro* de Florença:

“Foi conversando com Claudio que descobri o nome correto de chamá-los: *madonnari*. Por que *Madonnari*? Sim, essa também foi a minha primeira pergunta a ele... Desde o fim do século XII, ainda na Idade Média, importantes instituições chamadas de *Arte* começaram a surgir. A função era muito semelhante aos sindicatos de hoje. Os pintores deviam se inscrever na *Arte dos Médicos e Boticários*, pois era através da química que obtinham as cores das tintas com que trabalhavam. O brasão desta arte era a *Madonna della Rosa*, motivo pelo qual tais pintores começaram a ser chamados de *madonnari*.”

O *Madonnaro*, enquanto gênero de pintura no chão, surgiu como uma alternativa ao ‘mercado de arte’ em vigor à época (NALIN, 1982; NAALIN, 2000). Os produtores *madonnari* iam pelos santuários a “(...) reproduzir as obras de Rafael ou de Michelangelo ou mais simplesmente o aumento de qualquer imagem reproduzida em ‘santinhos’ (NAALIN, 2000). Para a execução daquelas imagens efêmeras, os mendicantes lançavam mão de cacos de tijolos, carvão, gesso e alguma terra colorida. Materiais estes que podiam ser encontrados pelo caminho. Viviam das ‘ofertas’ dadas por aqueles que passavam pelo seu caminho. Nesse contexto, segundo Coelho, 2019, logo o artista *madonnaro* viria a se constituir um divulgador da fé cristã. Por onde andava deixava vestígios da Santa Igreja na figura de Maria, até que, a partir da geração pós-guerra, uma

nova estrada é aberta ao *Madonnaro* onde as imagens deixam de ser somente sacras para trazer em paralelo as reproduções conhecidas da História da Arte.

A cidade de Curtatone é o ‘chão’ onde o *Madonnaro* encontrou suporte para sua prática. O santuário em honra da Madonna, construído no ano de 1406, foi onde tudo começou. No perímetro do santuário acontece, desde 1425, a Feira das Graças que, em seu início, tinha por função proporcionar aos peregrinos um ponto de descanso, alimentação e abastecimento. Com o passar dos anos a feira foi crescendo e se estabelecendo como ‘parte’ do santuário e da festa ali celebrada. Na década de 1970, dada à referência que se tornara a feira como ponto de encontro e reunião de pessoas, a tradição do *Madonnaro* inicia sua trajetória rumo ao reconhecimento como linguagem de arte. É quando passam a ser organizados anualmente os encontros de *madonnaros* tornando a localidade em uma galeria de arte a céu aberto (COELHO, 2019).



Figura 5: Vista aérea do local onde é realizado o Encontro de Madonnaros (COMUNE DI CURTATONE).

Fonte: Marcelo Amaral Coelho, 2018.

A segunda metade da década de 1980 reservava inovações para a técnica do *Madonnaro*. Um amistoso confronto colocava de um lado os tradicionais artistas *madonnari pugliese* (A região da Puglia, o “calcanhar da bota”, no sul da Itália, desde sempre foi um reduto de artistas *madonnari*. Já nos primeiros encontros em Curtatone se faziam presentes. Tanto que o primeiro ganhador do Prêmio *Gesseto d’oro*, outorgado ao

vencedor em Curtatone, foi o *pugliese* Francesco Prisciandaro (NALIN, 1982)) de um lado e do outro os artistas internacionais formados nas academias de arte. É nesse contexto que surge o americano Kurt Wenner e sua técnica pictórica anamórfica de fazer ‘buracos’ no chão. Em 1991, quando da visita do Papa João Paulo II a Curtatone, Wenner executou um *Madonnaro* medindo 25m x 5m e trazendo a cópia do afresco sistino *Juízo Final*, de Michelangelo. A repercussão serviu para divulgar o *Madonnaro* (COELHO, 2019).

Hoje, o *Madonnaro* é conhecido em boa parte do mundo como “Arte de estrada”. Os EUA e o México são reconhecidos como referências na Arte de Estrada tanto pelos artistas quanto pelos concursos que promovem. A técnica anamórfica (3D) figura em boa parte das produções mundiais. Vários artistas viajam, por exemplo, ao Oriente Médio contratados por empresas que querem divulgar sua marca e produtos através da Arte de Estrada. Assim, é possível considerar o *Madonnaro* como Arte e como Patrimônio Cultural (COELHO, 2019), o que o credencia a adentrar o espaço da sala de aula como campo de conhecimento.



Figura 6: O artista madonnaro. Obra produzida como exposição da técnica aos alunos do 8º ano do CIEP Brizolão 294 Candido Jorge Capixaba, em Mangaratiba, RJ.

Fonte: Marcelo Amaral Coelho, 2018.

4. METODOLOGIA

A pesquisa realizada foi de cunho qualitativo com características analíticas. É importante ressaltar que o cronograma de experimentação do trabalho foi organizado de acordo com o planejamento de aulas e conteúdos programáticos da escola trabalhada, uma vez que o calendário e planejamento de aulas da escola são entregues aos professores no

início do ano letivo, de forma pronta, sem possibilidade de alteração. Dito isso, este trabalho seguiu estritamente o calendário escolar da escola SMCE, utilizada para o período de experimentação, não havendo possibilidade para que os experimentos fossem realizados em aulas no contra turno, por exemplo. Sendo assim, os experimentos foram realizados durante as aulas diárias das turmas e foram encaixados ao longo do ano letivo de acordo com o conteúdo do momento de cada turma, caso houvesse tempo, e devidamente focado em determinados pontos do conteúdo bimestral disponibilizado pela escola.

4. 1. DESCRIÇÃO GERAL DA ESCOLA

Com a proposta de adequar e inovar a metodologia do ensino de Química por meio da utilização de novos recursos que promovem qualidade ao processo de ensino e aprendizagem, este trabalho foi realizado com 74 alunos do Ensino Médio da escola particular Santa Mônica Centro Educacional (SMCE) - Unidade Seropédica, localizada no Município de Seropédica, RJ, composta por alunos dos sexos masculino e feminino, com faixa etária entre 15 a 18 anos. O Ensino médio da escola é composto por três turmas uma de cada série do EM; sendo assim, um primeiro ano com um total de 34 estudantes e média de idade 15 anos, um segundo ano com um total de 20 estudantes e média de idade de 16 anos e um terceiro ano com um total de 20 estudantes e média de idade de 17 anos, com turmas bastante heterogêneas, com alunos e alunas das mais diversas classes sociais, credo e/ou cor.

4. 2. PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES

O trabalho foi dividido em três fases.

4. 2. 1. FASE 1

A fase 1 foi composta por três etapas (Tabela 1: quadro fase 1).

- Na **primeira etapa da fase 1**, os 74 alunos e alunas das três séries do EM participaram e foram nivelados por três aulas expositivas/práticas, cada aula no devido tempo da sua turma, iniciando na História e Evolução da Química, onde foi solicitado a leitura de determinados trechos retirados do livro paradidático, “O sonho de Mendeleiev – A Verdadeira História da Química”. Os trechos foram utilizados em mesa redonda em sala de aula, com duração de dois tempos de aulas (50 minutos cada, 100 minutos no total), onde os alunos e alunas puderam colocar cada um sua visão e interpretação sobre os trechos retirados dos capítulos do livro selecionados

para a leitura (Prólogo, 1. No começo, 2. A prática da alquimia). Uma abordagem que vem sendo discutida há décadas é a utilização da História da Ciência (HC) como alternativa complementar à prática pedagógica, ainda pouco inserida nos currículos dos cursos de ciências (SILVA; PIMENTEL, 2008 apud PICOLLI, 2011).

QUADRO FASE 1		
1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Mesa redonda e leitura de trechos do livro paradidáticos.	Aula expositiva sobre atomística.	Aula expositiva sobre TP.
	Aplicação do “baralho da UFRJ”.	Aplicação do “Jogo de Adivinhas da Tabela Periódica”.
	Aplicação de questionário.	Aplicação de questionário.

Tabela 1: Quadro Fase 1

Foi experimentado o recurso da história da ciência como forma de contextualização para os estudantes, no conteúdo de História e Evolução da Química, aplicado no início do primeiro bimestre da escola SMCE em todas as turmas de química do EM. Destacamos que outros livros paradidáticos também podem ser utilizados com o intuito de utilizar a História da Química/História da Ciência como motivação extra aos alunos, para ir além das aulas tradicionais, como os livros conceituados pela crítica especializada, excelentes canais de divulgação da História da Química/História da Ciência:

- a) os botões de Napoleão (as dezessete moléculas que mudaram a história), autores Penny Le Couteur e Jay Burreson;
- b) A colher que desaparece (e outras histórias reais de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos), do autor Sam Kean;

- A **segunda etapa da fase 1**, foi composta por aula expositiva/prática com duração de cerca de dois tempos. Vinte alunos da turma da 1ª série (dez homens e dez mulheres), com idade média de quinze anos, foram

selecionados (estavam presentes no momento) e participaram, sendo no primeiro tempo da aula expositiva abordada a evolução dos modelos atômicos, desde os gregos Antigos, Demócrito e Leucipo, passando por Dalton, Thomson, terminando no modelo atômico atual de Rutherford/Bohr; a estrutura atômica dos elementos químicos, sua representação simbólica, o significado do número atômico (Z), massa atômica (A), o número de prótons (p), o número de nêutrons (n) e o número de elétrons (e). Nos últimos 30 minutos de aula foi aplicado um questionário contendo sete (7) questões (anexo II) consideradas entre fáceis, médias e difíceis, pré-julgadas por uma banca contendo três professores de Química, alunos participantes do PROFQUI, abordando os temas em questão (evolução dos modelos atômicos e estrutura atômica).

Para o fim dessa fase 1, vinte alunos da turma da 3ª série (dez homens e dez mulheres) com idade média de 17 anos, foram selecionados (estavam presentes no momento) e participaram da **terceira etapa**, dividida em dois momentos:

- **A terceira etapa da fase 1**

- I. Aula Expositiva (duração de 40 minutos):

Histórico e organização da tabela periódica; a classificação dos elementos químicos entre metais, ametais e gases nobres; a relação entre posicionamento na tabela periódica e distribuição eletrônica; a camada de valência; as propriedades periódicas (tais como raio atômico, energia de ionização, eletroafinidade, densidade, pontos de fusão e ebulição); nomenclatura das famílias e grupos; os “espaços em brancos” de Mendeleiev; razão histórica da nomenclatura dos elementos químicos e, por fim, a eletronegatividade dos elementos químicos. Um questionário (anexo II) contendo sete questões objetivas pré-julgadas por uma banca contendo três professores de Química participantes do PROFQUI, foi aplicado ao fim da aula.

- II. Segunda aula experimental do trabalho (duração de 60 minutos)

Apresentação do jogo digital Adivinhas da Tabela Periódica, que aborda as propriedades e características dos elementos químicos, sua presença no cotidiano, a estrutura da tabela e sua contribuição para o ensino de Química

(anexo I).

Os vinte alunos foram direcionados ao laboratório de informática, a fim de conhecer, aprender e brincar com o jogo digital Adivinhas. Os alunos foram divididos em cinco grupos (A, B, C, D, E), de quatro alunos cada grupo; e foi disponibilizado o tempo de uma hora para que cada grupo jogasse e se divertisse. Foi considerado vencedor o grupo que conseguiu concluir o jogo com o menor número de penalidades possíveis, o qual recebeu uma premiação simbólica. No final do jogo, foi aplicado o mesmo questionário semiestruturado (anexo II), com sete questões, com o intuito de obtermos dados que revelem a percepção dos alunos acerca do conteúdo estudado. Os dados coletados com a aplicação de questionários e as observações realizadas no momento do jogo foram, posteriormente, analisados.

4. 2. 2. FASE 2

Para o início da Fase 2 do trabalho (Tabela 2: quadro fase 2), vinte alunos da turma da 3ª série (dez homens e dez mulheres) com idade média de 17 anos foram selecionados (estavam presentes no momento).

QUADRO FASE 2		
1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Download do PE ACD/Labs. (aula 1)	Utilização da ferramenta “bond angle” e do recurso de mediação de distância relativa entre os átomos (aula 2) .	Aplicação do projeto “O ensino da Química através da pratica do <i>Madonnaro</i> ” (aula interdisciplinar) .
Desenho de estruturas pré-selecionadas para desenho no papel e depois no programa. (aula 1)		
Estruturas pré-selecionadas para desenho no papel e depois no programa: ácido clorídrico, água, tri hidreto de boro, amônia, metano, etanol, butano, eteno, ácido etanoico, bromo benzeno, álcool isobutílico, fenol, éter dietílico, metanal, propanona, butanoato de etila, metil amina e benzamida.		

Tabela 2: Quadro Fase 2

A Fase 2 foi realizada em duas aulas expositivas/práticas, de uma hora cada, utilizando o programa *ACD/ChemSketch®* pertencente ao pacote *ACD/Labs*:

- **Aula 1:** o programa foi baixado do sítio <http://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch>; em seguida, foram

mostradas algumas funções presentes no programa, apresentando-o em um caráter avaliativo, mostrando seus aspectos funcionais, que podem auxiliar a transmissão do conteúdo por parte do professor e a compreensão do mesmo por parte do aluno (Duração: 30 minutos. Participação: vinte alunos da 3ª série do Ensino Médio. Idade média: 17 anos).

- Num segundo momento a turma foi organizada em quatro grupos de cinco alunos, para que pudessem trabalhar em máquinas diferentes e foi solicitado que os alunos desenhassem as seguintes estruturas antes de qualquer contato com a ferramenta: ácido clorídrico, água, tri hidreto de boro, amônia e metano, demonstrando suas respectivas geometrias e ângulos de ligação. Em seguida, os seguintes compostos orgânicos: etanol, butano e eteno, antes de qualquer contato com a ferramenta. Após a instrução quanto ao uso do programa os alunos construíram as moléculas, desenhadas anteriormente no papel, no programa. Também foram solicitadas que desenhassem, no papel e também através do programa ACD/Labs, moléculas importantes para o ensino de Química Orgânica, tais como: ácido acético, bromobenzeno, álcool isobutílico, fenol, éter dietílico, metanal, propanona, butanoato de etila, etanoato de etila, metilamina, benzenamida. Nessas estruturas, os alunos realizaram, com o auxílio de ferramentas disponíveis pelo programa (“Bond angle”), a determinação dos valores dos ângulos de ligação de cada átomo de carbono dessas estruturas e suas respectivas hibridações. Em seguida, foi solicitado que os alunos desenhassem em uma folha de papel moléculas semelhantes às desenhadas no início da pesquisa, porém sem o auxílio da ferramenta (Duração: 60 minutos. Participação: vinte alunos da 3ª série do Ensino Médio. Idade: 17 anos em média).

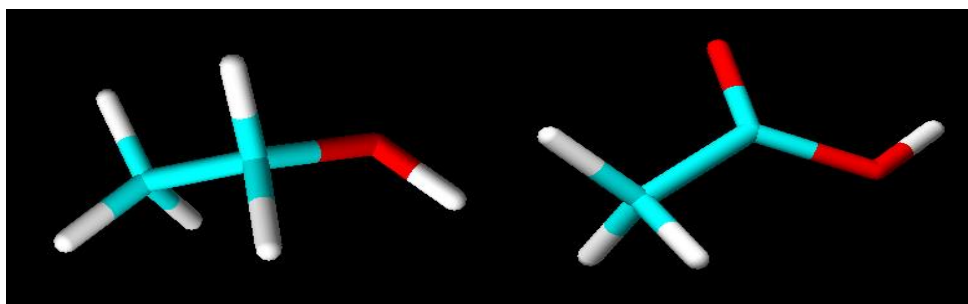


Figura 7: visualização da estrutura 3D do etanol e do ácido etanóico utilizando o programa ACD/ChemSketch®

- **Aula 2:** O recurso de medição de distâncias de ligação disponível no programa foi utilizado como ferramenta, para que o aluno tenha uma melhor visualização do tamanho relativo dos átomos (raio atômico). A ferramenta foi utilizada criando uma interseção entre dos tópicos importantes estudados no ensino médio: a geometria molecular e o raio atômico. Foram comparadas as distâncias de ligação entre um átomo de hidrogênio e um átomo “central” em diferentes moléculas, com a ferramenta de medição de distância (“Bond Length”). A ferramenta foi utilizada dentro de geometrias estudadas no ensino médio (linear, angular, trigonal, piramidal e tetraédrica), em determinadas moléculas já pré-estabelecidas. Na figura a seguir (Figura 8) é apresentado um exemplo. Duração: 30 minutos. Participação: vinte alunos da 3ª série do Ensino Médio. Idade: 17 anos em média.

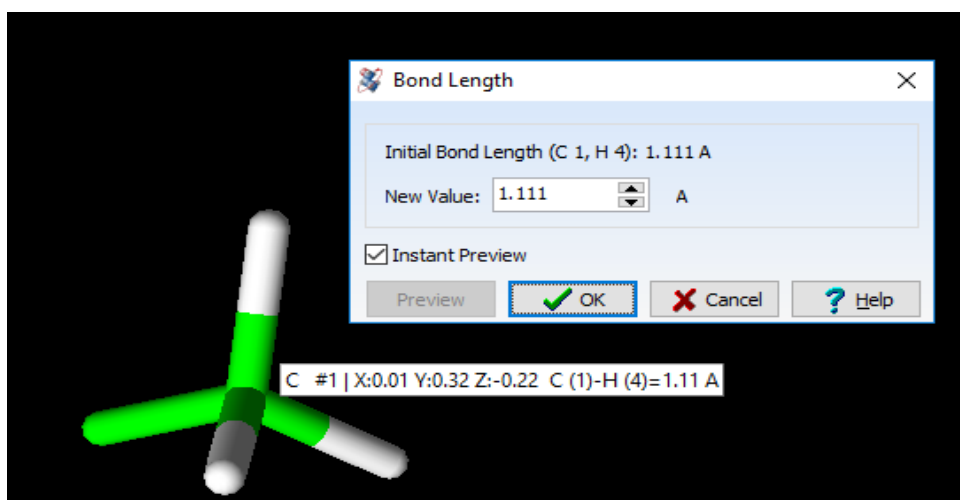


Figura 8: Desenho estrutural da molécula CH₄, utilizando e visualizando o recurso de medição da distância relativa entre a ligação C-H (valor de 1,111Å) utilizando o programa ACD/ChemSketch®.

- Ao final, a turma foi organizada em quatro grupos de cinco alunos e foi solicitado que os alunos desenhassem no papel as estruturas listadas abaixo com suas respectivas geometrias, que seguem uma tendência natural, nas quais os elementos ligados ao átomo central eram sempre da mesma família ou grupo, para que o aluno pudesse observar a mudança crescente ou decrescente das propriedades periódicas, no caso do presente trabalho, o raio atômico. (Duração: 60 minutos. Participação: vinte alunos da 3ª série do Ensino Médio. Idade: 17 anos em média)

Outras Moléculas solicitadas antes de qualquer contato com o programa *ACD/ChemSketch*®:

1. Geometria linear

a) H_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 e I_2 ; b) O_2 , S_2 , Se_2 e Te_2 ; c) N_2 , P_2 e As_2 ; d) CO_2 , SiO_2 e HCN ;

2. Geometria Angular

a) H_2O , H_2S e H_2Se ;

3. Geometria Trigonal Plana

a) BF_3 ; b) BCl_3 ; c) BBr_3 ; d) BI_3 ; e) BH_3 ;

4. Geometria Piramidal

a) NH_3 , PH_3 e AsH_3 ; b) NF_3 , PF_3 e AsF_3 ; c) NCl_3 , PCl_3 e $AsCl_3$;

5. Geometria Tetraédrica

a) CH_4 e SiH_4 ; b) CF_4 e SiF_4 ; c) CCl_4 e $SiCl_4$; d) CBr_4 e $SiBr_4$; e) Cl_4 e SiI_4 ;

Após a instrução quanto ao uso do programa e das ferramentas que seriam utilizadas para que fosse realizada a determinação da distância relativa entre os átomos, os alunos construíram as moléculas, desenhadas anteriormente no papel, agora no programa. Com a utilização do recurso disponível no programa para determinação de distância relativa entre os átomos (“Bond Length”), os alunos puderam visualizar de uma maneira menos abstrata e mais lúdica, o tamanho relativo dos átomos, o que poderia contribuir para uma melhor assimilação do conteúdo de raio atômico oferecido no ensino médio, no qual os alunos de uma maneira geral, apresentam grande dificuldade e conseqüentemente baixo interesse pelo tema.

Em outro momento, foi solicitado que os alunos desenhassem em uma folha de papel moléculas semelhantes às desenhadas utilizando o programa na Aula 2, porém sem o auxílio da ferramenta. Espera-se que com a utilização do programa os alunos tenham uma melhor visualização 3D de estruturas Químicas. Os desenhos produzidos, antes e após a utilização do programa *ChemSketch*, foram analisados com o intuito de observar as principais características e assim proceder com as diferentes categorizações do material. Foram adotados como critérios de análise, para desenhos representados na aula 1 e aula 2:

a) Representação das ligações: Número de ligações por átomo (respeitando a Valência) e distribuição espacial das ligações.

- b) Representação dos átomos: Utilização de cores; tamanhos diferenciados para cada tipo de átomo; tipo de representação atômica; transporte de todos os átomos de uma representação para outra.
- c) Visão 3D: estruturação e desenho das ligações e átomos de forma a causar a impressão tridimensional da molécula.

Ao final da Fase 2, uma ramificação do trabalho foi desenvolvida, aproveitando a parte lúdica de visualização de imagens em três dimensões através do programa educacional ACD/Labs. Foi realizada a única aula interdisciplinar desde trabalho, integrando às disciplinas de Química, Matemática e Artes, através da arte de rua intitulada como “*Madonnaro*”, a fim de tentar potencializar o ensino do conteúdo de geometria molecular da disciplina Química aplicado no Ensino Médio. Dentre as vantagens pedagógicas do *Madonnaro* estão o baixo custo com os materiais, onde é possível fazer pintura no chão tendo em mãos cacos de tijolo, carvão para churrasco e giz branco. É ainda viável o ensino dos fundamentos da pintura para a construção da imagem, quais são: desenho, cor, claro-escuro, etc. Há que se atentar também ao aspecto lúdico do ato de desenhar com giz pelo chão (COELHO, 2015).

Este projeto interdisciplinar foi dividido em três etapas:

I. Na primeira aula, foi discutido com os alunos a história da arte de rua *Madonnaro*. Eles puderam conhecer a origem da prática, a passagem de gênero à técnica pictórica e os procedimentos técnicos e materiais necessários. Um texto de referência a partir de Naalin (2000) distribuído à turma informava que:

“Por toda a Itália observam-se artistas desenhando pelo chão. Durante o ano são realizados eventos pelo país reunindo esses ‘artistas de estrada’. Essa técnica é conhecida como *MADONNARO* – ‘*Madonnari*’ quando referente ao plural. Também os artistas que se utilizam da prática são denominados ‘*madonnari*’. A técnica é conhecida assim porque a maioria dos desenhos representa a imagem da Madonna - Virgem Maria. Ao longo do tempo, o *Madonnaro* expandiu-se por outros caminhos. Hoje existe o *Madonnaro* sobre tela e também o *Madonnaro* anamórfico (perspectiva, ilusão de ótica). Pelo mundo, e não somente na Itália, pratica-se o *Madonnaro*.”

Segundo a tradição e o contexto mercantilista de Veneza no século XVI, que via no ícone religioso uma fonte de renda, “o ‘desenho’ da Madonna deveria ser uma cópia do original”, ou seja, “(...) o primeiro retrato de Jesus de Nazaré e de sua Mãe” (NAALIN *apud* COELHO, 2016). O *Madonnaro*, enquanto técnica de pintura no chão, surgiu como uma alternativa ao ‘mercado de arte’ em vigor à época. Por tradição é feito sempre ao ar

livre. Isso o torna uma arte de curtíssima durabilidade, existindo apenas no momento de sua criação, uma efemeridade sempre citada na aplicação da arte do *Madonnaro*.

II. Na segunda aula, foi usado outro método lúdico para ensinar Geometria Espacial, (ANDRADE, 2010), no qual se apresentou a técnica para construção de esqueletos de poliedros usando jujubas e palitos de dentes em uma aula orientada pelo professor de Matemática, onde moldes estruturais das geometrias moleculares aplicadas no ensino de Química no Ensino Médio foram criados para potencializar o aprendizado.

III. Assim, ao final do projeto “O ENSINO DA QUÍMICA ATRAVÉS DA PRÁTICA DO *MADONNARO*”, a aula interdisciplinar abrangendo as três disciplinas Química, Artes e Matemática foi colocada em prática, utilizando material concreto intercalando a prática da Arte de Rua do *Madonnaro* e o conteúdo de Geometria Molecular aplicado no ensino de Química no Ensino Médio. Por meio desse projeto interdisciplinar buscamos potencializar o ensino de Química com o auxílio da Arte.

Assim, a aula interdisciplinar entre Química, Matemática e Artes foi pensada como instrumento para se trabalhar os conteúdos de pintura, história da arte e o fazer artístico. Como referencial teórico recorreu-se ao estudo da Geometria Molecular, um importante capítulo do conteúdo aplicado no ensino de Química no Ensino Médio. Esse estudo forneceu o direcionamento para as escolhas das reproduções impressas a serem trabalhadas como referenciais.

O projeto aconteceu com os alunos e alunas da turma da primeira série de Química do Ensino Médio, com idade média entre 15 anos, onde se pretendia como objetivo principal a apresentação da técnica do *Madonnaro* como possibilidade de fazer artístico e as reproduções impressas como referência histórica, crítica e criativa. Para isso, foi necessário aos alunos: conhecer a técnica do *Madonnaro*; contextualizar a cultura de outras sociedades; ter o conhecimento de reprodução em duas e três dimensões das geometrias moleculares aplicadas no Ensino Médio; ver o espaço físico da escola como patrimônio a ser preservado; e produzir um *Madonnaro*.

Moléculas foram pré-selecionadas nas geometrias linear, angular, trigonal, piramidal e tetraédrica. Como uma interseção entre os mundos da Matemática e da Química, usando conceitos de geometria espacial, o professor de Matemática disponibilizou seu tempo de aula, e trabalhou junto com a turma para a criação de moldes estruturais utilizando palitos de dentes e jujubas, que serviram de apoio na construção da técnica do “*Madonnaro*”. Por fim, a turma foi convidada pelos professores de Artes e Química para uma aula diferente dos padrões tradicionais, e apresentaram para a turma, a técnica da “arte

de rua” que consiste em desenhar no chão com tijolos, carvão e giz (COELHO, 2015). O resultado final foi a construção de moléculas comuns do universo da Química, como H_2O , CO_2 , NH_3 , etc., utilizando o conceito de arte de rua orientado pelos professores de Artes e Química pelo pátio da escola. Objetivou-se, com a atividade, construir oportunidades de aproximação entre as disciplinas de Química, Matemática e Artes e a potencialização na aprendizagem de seus conteúdos através da interdisciplinaridade.

4. 2. 3. FASE 3

Ao término da aula interdisciplinar, este trabalhou voltou sua atenção para o uso de metodologias computacionais como ferramentas para o ensino de Química no Ensino Médio. A última fase deste trabalho, a Fase 3, utilizou programas educacionais da categoria dos aplicativos de celulares, com o intuito de potencializar o ensino de Química no Ensino Médio.

Um questionário inicial contendo dez perguntas foi aplicada aos alunos e alunas e definiu que celulares com o sistema operacional Android seriam de maior uso benéfico para a pesquisa, uma vez que a 80% dos participantes utilizavam celulares com este sistema operacional. Logo, o programa selecionado para o trabalho foi o aplicativo *Mo-Cubed* oferecido por *Advanced Mobile Apps for Science & Education*, que pode fornecer informações sobre reações Químicas e propriedades eletrônicas, conteúdos vistos no 3º bimestre da turma da 2ª série e 3º bimestre para turma de 3ª série do Ensino Médio.

A Fase 3 (Tabela 3: quadro fase 3), fase final do trabalho, dividida em duas aulas expositivas, foi dada a continuação do uso de programas educacionais como ferramentas para o ensino de Química no Ensino Médio.

QUADRO FASE 3		
1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Download do PE <i>Mo-Cubed</i> . (aula 1)	Utilização da ferramenta Mapa de Potencial Eletrostático para determinação de moléculas polares e apolares. (aula 2)	Estudo da solubilidade em água de compostos polares e apolares. (aula 2)
Utilização da ferramenta PubChem para resolução de cálculos estequiométricos. (aula 1)		

Estruturas pré-selecionadas para desenho no papel e depois no programa: metano, glicose, etanol, butanamida, eteno, ácido etanoico, fenol, éter dietílico, metanal, etilmetilpropilamina, dióxido de carbono.

Tabela 3: Quadro Fase 3

Dessa vez foi feita a utilização de aplicativos de celulares, como o aplicativo gratuito de modelagem molecular *Mo-Cubed*, que fornece informações sobre reações Químicas e propriedades eletrônicas, conteúdos vistos no 3º bimestre da turma da 2ª série e 3º bimestre para turma de 3ª série do Ensino Médio.

- **A primeira aula expositiva** para vinte alunos e alunas da turma da 2ª série do Ensino Médio com idade média de 16 anos, com duração de 50 minutos, foi preparada envolvendo o conteúdo de estequiometria utilizando o aplicativo *Mo-Cubed*. A turma foi dividida em cinco grupos de quatro alunos e alunas cada, onde os alunos e alunas ficaram livres para escolherem o grupo que iriam integrar. Foi solicitado que cada grupo utilizasse pelo menos um celular com aplicativo *Mo-Cubed* instalado, para que pudesse ser utilizado pelo grupo em sala de aula. O exercício que foi apresentado como desafio aos alunos e alunas foi um cálculo químico utilizando uma reação estequiométrica. Em função de cinco reagentes disponibilizados pelo professor (etanol, octano, benzeno, butano e metano), cada grupo teria que escolher um reagente para trabalhar e realizar a reação de combustão completa, para que se pudesse prever qual combustível geraria uma menor quantidade de volume molar de gás carbônico para a atmosfera terrestre por grama de combustível. Para que os alunos e alunas resolvessem o desafio, foi solicitado que desenhassem a molécula que escolheram, dentre as cinco disponibilizadas pelo professor, no aplicativo *Mo-Cubed*, e em seguida, que utilizassem a função PubCHem, na qual informações das mais diversas referentes à molécula desenhada no programa são obtidos, tais como, a massa molecular, que será utilizada para o cálculo estequiométrico.
- **A segunda aula expositiva** com a utilização do aplicativo de celular *Mo-Cubed* contou com a presença vinte alunos e alunas da terceira série do Ensino Médio, com idade média de 17 anos e os conteúdos abordados

foram: geometria molecular, polaridade e solubilidade dos compostos orgânicos. Foi solicitado que os alunos e alunas se dividissem em grupos de cinco alunos e alunas cada e que cada grupo utilizasse pelo menos dois celulares com o aplicativo instalado. Usando a ferramenta oferecida pelo aplicativo do mapa de potencial eletrostático das moléculas, os discentes puderam apontar a geometria espacial de cada átomo de cada estrutura, além de visualizar regiões polares e apolares de moléculas orgânicas previamente escolhidas pelo professor (etanol, butano, glicose, benzeno, fenol, ácido etanoico, formol, propilamida, etilmetilpropilamina, propano, dióxido de carbono e água). Assim, após o desenho das moléculas citadas pelo professor, e a visualização das regiões polares e apolares dos compostos, regiões de altas e baixas densidades eletrônicas (evidenciadas pelo aplicativo pelas cores vermelho e azul, respectivamente), foi solicitado que os alunos e alunas desenhassem a estrutura da água em um celular e, no outro aparelho, fossem mudando os desenhos das estruturas, com os outros compostos citados anteriormente (etanol, butano, glicose, benzeno, fenol, ácido etanoico, formol, propanamida, etilmetilpropilamina, propano e o dióxido de carbono) e, assim, poder analisar quais das substâncias citadas pelo professor poderia interagir com a molécula de água ou não e, usando a ferramenta de rotação molecular do aplicativo, poder apontar com qual ou quais as regiões das estruturas seria/m possível ou não se estabelecerem interações favoráveis com moléculas de água. Havendo a possibilidade, qual interação seria essa, dentre as três interações intermoleculares trabalhadas no ensino de Química no Ensino Médio, que são elas: a ligação de hidrogênio, interação dipolo-dipolo e de Van der Waals (forças de dispersão de London).

4. 3. AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES

Ao final de todo o processo foram aplicados dois questionários com perguntas fechadas (Anexo IV e anexo V), utilizando o recurso digital *google form*, para obter informações gerais sobre o uso de tecnologia digital em sala de aula. O questionário 1 foi realizado com 34 alunos e alunas, em média 15 anos de idade, da única turma da escola que conseguiu participar de todas as atividades realizadas na fase 1, fase 2 e fase 3 deste trabalho, a turma da 1ª série do EM. Foram no total nove perguntas, respondidas voluntariamente pelos alunos e alunas. O questionário 2 aberto ao público e divulgado por

meio das redes sociais (Facebook, Instagram e WhatsApp), um total de 48 pessoas participaram e responderam voluntariamente. Foram no total, oito perguntas, respondidas voluntariamente pelos participantes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. FASE 1

A Fase 1 de uma maneira geral foi criada para que os alunos pudessem ser inseridos na pesquisa como uma forma de contextualização dos conteúdos: história e evolução da Química e atomística, que abrange a evolução dos modelos atômicos e estrutura atômica dos elementos químicos; não foram executadas aulas com métodos computacionais específicos, apenas uma aula experimental com o jogo digital de adivinhas, no qual as perguntas utilizadas no jogo estão no anexo III da página 81 deste trabalho.

A leitura de textos paradigmáticos foi de grande importância para o início deste trabalho, onde os estudantes puderam sentir a sensação de viajar no tempo e aprender química através da história. As passagens selecionadas para discussão e mesa redonda, retratadas como trecho 1, 2 e 3 por essa dissertação, puderam ser exploradas para que os estudantes analisassem de forma sucinta as passagens históricas, onde ao final de cada texto foi solicitado uma resenha de no mínimo 10 linhas por aluno, e o que se pode perceber, foi uma certa surpresa por parte dos estudantes ao se depararem com tais questionamentos sobre a tabela periódica já no Séc. XVIII. A grande maioria dos estudantes não tinha o conhecimento que mais de 60 elementos químicos já eram conhecidos à época, e muito menos algumas que propriedades periódicas já eram relatadas. Já no primeiro trecho selecionado ao se depararem com a afirmativa que Mendeleiev já dispunha dos pesos atômicos de alguns elementos, os estudantes perceberam a importância de saber o peso atômico de cada elemento, que essas características esta intrínseca em todos os elementos da tabela. Com o segundo trecho destacado, as mais diversas reações puderam ser notadas nos alunos e alunas, ao conseguirem associar as três ciências que praticam na escola, a Biologia, Física e a Química, o que foi muito proveitoso, uma vez que alguns chegaram a declarar em voz alta “enfim entendi onde as três se conectam”. Ao final da mesa redonda com a análise do terceiro trecho, os estudantes puderam brincar e se divertir ao associar cada adjetivo dado por Mendeleiev aos elementos químicos, associando a seus amigos e amigas de sala de aula, e o que se pode notar foi uma grande confraternização de estudantes em prol de assuntos pertinentes referentes a tabela periódica.

5. 2. FASE 2

Já na Fase 2, os Programas Educacionais serviram como ferramentas de apoio para o ensino de Química no Ensino Médio, onde métodos computacionais foram apresentados aos alunos das turmas de 1ª, 2ª e 3ª série do Ensino Médio de forma inédita na escola. O programa educacional ACD/Labs, foi utilizado de forma a expandir o conhecimento sobre as geometrias moleculares das estruturas químicas trabalhadas no Ensino Médio, projetando-as em imagens em três dimensões, onde os alunos puderam manusear e rotacionar estruturas de compostos pertinentes aos ensinamentos de Química no Ensino Médio.

Após o *download* do programa e passadas as instruções quanto ao seu uso, os alunos da 1ª série do Ensino Médio puderam ficar livres para desenhar as moléculas pré-selecionadas para a Fase 2 e explorar o programa. Logo no primeiro contato dos alunos com o programa, ao transportar imagens em duas dimensões para três dimensões, utilizando o recurso de fácil acesso disponível no programa, a transposição de imagens em 2D para 3D (figuras 9 e 10), os alunos puderam analisar as geometrias moleculares trabalhadas (linear, angular, trigonal, piramidal e tetraédrica), de forma lúdica e prazerosa, podendo visualizar e rotacionar imagens de estruturas moleculares antes apenas em duas dimensões, no quadro negro do professor ou no livro didático da escola, agora em três dimensões e utilizando um recurso digital como o computador.

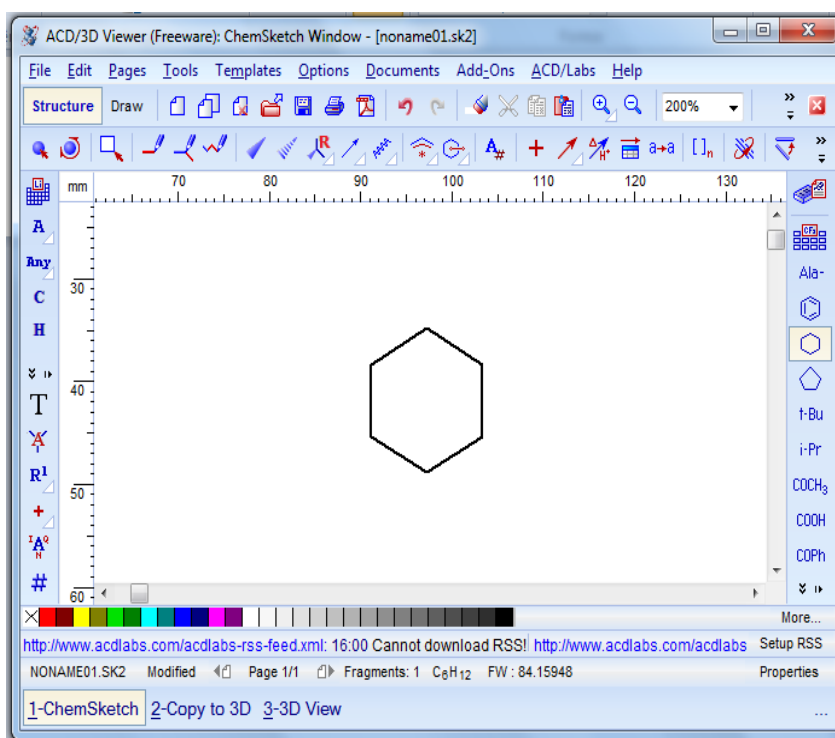


Figura 9: Molécula de cicloexano em estrutura 2D desenhada no programa ACD/Labs.

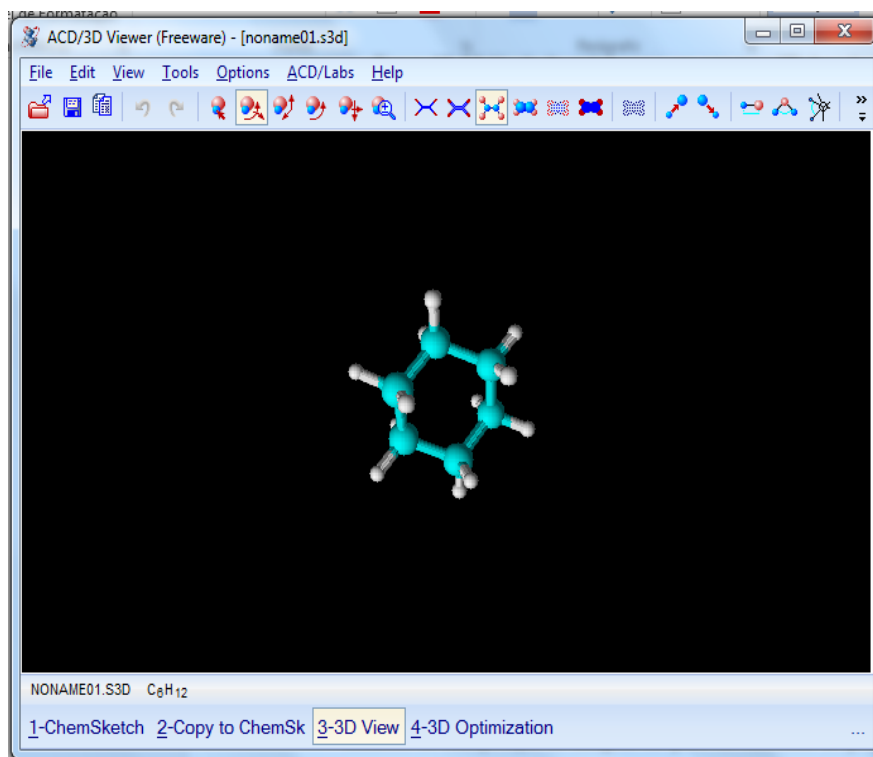


Figura 10: Molécula de cicloexano sendo projetada em uma imagem em 3D utilizando recursos de transposição de imagem 2D para 3D oferecido no programa educacional ACD/Labs.

Após o primeiro contato com o programa e o desenho das estruturas pré-selecionadas, os alunos partiram para o objetivo principal dessa aula: a determinação dos ângulos de ligação dos átomos de carbono representados em cada estrutura, utilizando o recurso disponível “Bond Angle”, e determinar suas respectivas hibridações, para que pudessem fazer uma comparação qualitativa com as informações relativas às hibridações dos átomos de carbono disponíveis na literatura de Química fornecida para o Ensino Médio.

A percepção ao final do exercício foi que os alunos da 1ª série do EM (para muitos deles o primeiro contato com a visualização de uma imagem projetada em três dimensões de um composto químico, cerca de 80% da turma, em pesquisa realizada no momento da aula), ao desenhar suas estruturas antes do contato com a ferramenta, estas sempre se apresentavam em duas dimensões, com as ligações covalentes até que bem definidas, e geometrias como linear, angular e trigonal, bem representadas simbolicamente, por aquilo que professores de Química de uma forma geral consideram razoável. No entanto, pares de elétrons não ligantes eram ignorados na maioria dos desenhos. Mesmo geometrias conhecidas como a piramidal e tetraédrica, em que recursos são utilizados de forma a abstrair a visualização pessoal como forma de entendimento para o conhecimento de modelos, como a representação da ligação covalente “para trás” do plano e da ligação covalente “para frente” do plano, que poderiam ser utilizados para melhor entendimento e

visualização, eram ignoradas de forma generalizada por parte de todos os alunos.

Porém, ao terem o primeiro contato com a ferramenta computacional, os alunos conseguiram assimilar bem os conteúdos de geometria molecular e hibridação dos átomos de carbono, de forma lúdica, divertida e menos abstrata, e diferente de todas as outras aulas expositivas referentes a esses conteúdos, em que já pude participar tanto na função de aluno, bem como na função de professor; o que acredito que tenha favorecido a assimilação do conteúdo por grande parte da turma, principalmente daqueles que mais se mostraram interessados em interagir com a ferramenta.

A visualização de estruturas moleculares em três dimensões disponíveis em programas educacionais é de grande valia para o professor que se adequar à tecnologia trabalhada, mas não meramente substituindo a aula tradicional expositiva, e sim como ferramenta de apoio, para que possa servir de complementação para melhor visualização e abstração de geometrias moleculares e hibridação dos átomos por parte dos alunos.

Para a segunda aula da Fase 2, o recurso de medição de distância entre os átomos foi utilizado, de forma a abranger o conteúdo de propriedades periódicas da tabela periódica, mais precisamente, o raio atômico dos elementos químicos, conteúdo bastante abstrato e de difícil entendimento por parte dos alunos, normalmente apresentado em aulas expositivas tradicionais.

Com a utilização do recurso de medição de distância entre os átomos, (“Bond Length”), os alunos puderam visualizar o tamanho relativo dos átomos de uma maneira menos abstrata e mais lúdica, o que contribuiu para uma melhor assimilação do conteúdo de raio atômico oferecido no Ensino Médio, no qual os alunos de uma maneira geral, apresentam grande dificuldade e conseqüentemente baixo interesse pelo tema.

Ao visualizarem o tamanho crescente dos átomos numa determinada família da tabela periódica, os alunos automaticamente se livraram das “regras das setas”. Esse método é ensinado pela maioria dos livros didáticos oferecidos para o Ensino Médio e privilegia a memorização, ou seja, os alunos acabam decorando o tema, e não aprendendo o conceito real por trás do conteúdo que abrange as propriedades periódicas dos elementos químicos, nesse caso o raio atômico. As imagens na Figura 11 representam a determinação da distância relativa entre átomos da família dos halogênios (F, Cl e Br) em ligação com o átomo de hidrogênio. É fácil a percepção após o exercício da determinação da distância relativa entre os átomos, que a propriedade periódica do raio atômico, tende a ter o crescimento numa mesma família, conforme aumenta o número atômico dos elementos (e o número de camadas eletrônicas) nessa família.

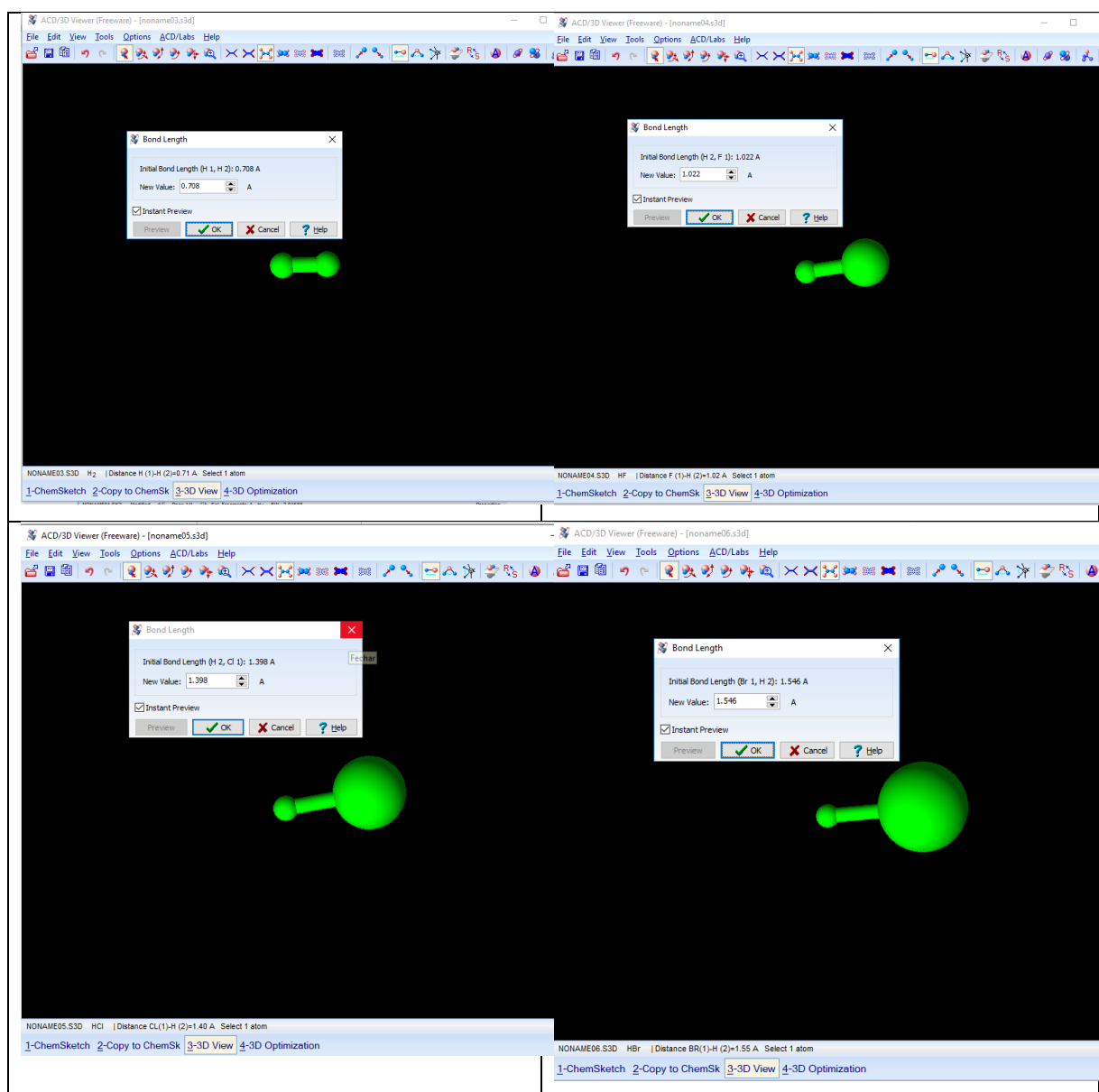


Figura 11: Demonstração da utilização do recurso cálculo da distância relativa entre os átomos (Bond Length)

A sequência na Figura 11 demonstram a utilização do recurso cálculo da distância relativa entre os átomos (Bond Length) para os átomos de hidrogênio na molécula H₂, para os átomos de hidrogênio e flúor na molécula HF, para os átomos de hidrogênio e cloro na molécula HCl, para os átomos de hidrogênio e flúor na molécula HF e por fim para efeitos de comparação de crescimento de Raio Atômico por grupos da tabela periódica a demonstração da utilização do recurso cálculo da distância relativa entre os átomos (Bond

Lenght) para os átomos de hidrogênio e bromo na molécula HBr.

Após o fim das aulas experimentais utilizando o programa educacional ACD/Labs, a Fase 2 do trabalho se voltou para aplicação de um projeto interdisciplinar com a turma da 1ª série do EM, a fim de potencializar o ensino de Química através da arte. O projeto foi dividido em três aulas práticas, envolvendo as disciplinas de Artes, Matemática e Química. Para poder estimular o gosto pelo desenho correto de fórmulas e estruturas complexas no ensino de Química, o professor de Química primeiramente, como citado na Fase 2 deste trabalho, apresentou à turma o PE *ACD/ChemSketch*®, que permite a construção de moléculas 3D aplicadas no Ensino Médio. Moléculas foram pré-selecionadas nas geometrias linear, angular, trigonal, piramidal e tetraédrica. Como uma interseção entre as disciplinas da Matemática e da Química, usando conceitos de geometria espacial, o professor de Matemática Thiago Campos disponibilizou seu tempo de aula, e trabalhou junto com a turma para a criação de moldes estruturais utilizando palitos de dentes e jujubas (Figuras 12, 13, 14 e 15), que serviram de apoio para a posterior aplicação da técnica do “*Madonnaro*”.

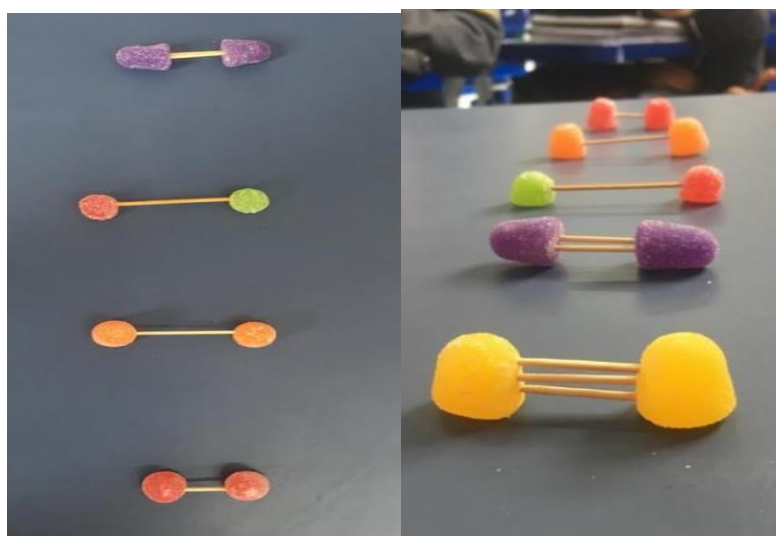


Figura 12: Moldes estruturais criados pelos alunos da turma da 1ª série com palitos de dentes e jujubas que representam a Geometria Linear representada por moléculas monoatômicas e diatômicas.



Figura 13: Moldes estruturais criados pelos alunos da turma da 1ª série com palitos de dentes e jujubas que representam a Geometria Angular.



Figura 14: Moldes estruturais criados pelos alunos da turma da 1ª série com palitos de dentes e jujubas que representam a Geometria Pirâmidal.

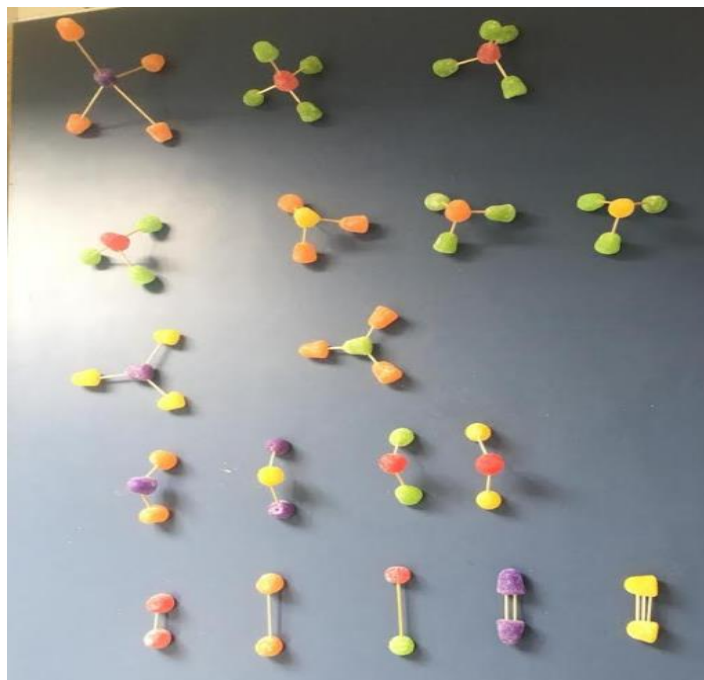


Figura 15: Moldes estruturais utilizando palitos de dentes e jujubas representando as geometrias moleculares trabalhadas no Ensino Médio.

Por fim, a turma foi convidada pelos professores de Artes Marcelo Amaral e de Química para uma aula diferente dos padrões tradicionais, e apresentaram para a turma, a técnica da “arte de rua”, que consiste em desenhar no chão com tijolos, carvão e giz (COELHO, 2015). O resultado final foi a construção de moléculas bem conhecidas como H_2O , CO_2 , NH_3 , etc. (figuras 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23), utilizando o conceito de arte de rua orientado pelos professores de Artes e Química no pátio da escola. Com a atividade, foi possível a construção de oportunidades de aproximação entre as disciplinas de Química, Matemática e Artes e a potencialização na aprendizagem de seus conteúdos através da interdisciplinaridade.



Figura 16: *Madonnaro* de moléculas com geometria molecular piramidal (NH_3 , PH_3 e AsH_3).



Figura 17: *Madonnaro* de moléculas pertencentes às geometrias: linear, angular, piramidal e tetraédrica.

Na Figura 16 é possível perceber uma preocupação maior com a demonstração dos elétrons livres, e uma tentativa de demonstração das ligações covalentes “para trás” e “para frente” do plano, utilizando recursos de escrita da simbologia Química como tracejado e a ligação mais grossa. Na Figura 17 percebemos uma variedade de moléculas desenhadas e todas respeitando a regra do octeto, bastante utilizada no Ensino de Química no EM, os elétrons livres sempre que possível sendo representados, e uma tentativa de criação de uma

nova escrita para ligações covalentes “para trás” e “para frente” do plano, como é possível observar na molécula de amônia (NH_3) e no tetraiodeto de metila (CI_4) (lado direito da Figura 17) desenhadas com a técnica do *Madonnaro*.

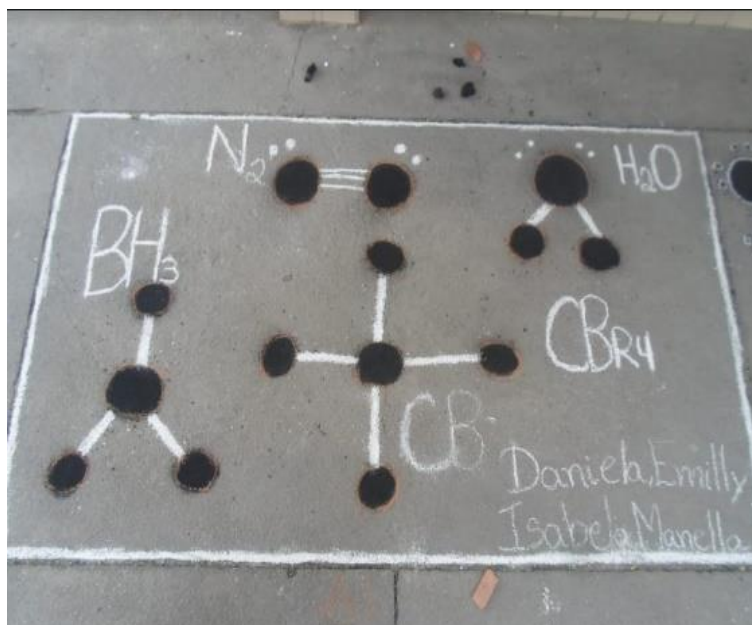


Figura 18: *Madonnaro* de moléculas pertencentes às geometrias: linear, angular, trigonal e tetraédrica (incorreta)

Na Figura 18 é possível ver um erro evidente na estrutura 3D do tetrabrometo de metila representado em estrutura 2D.

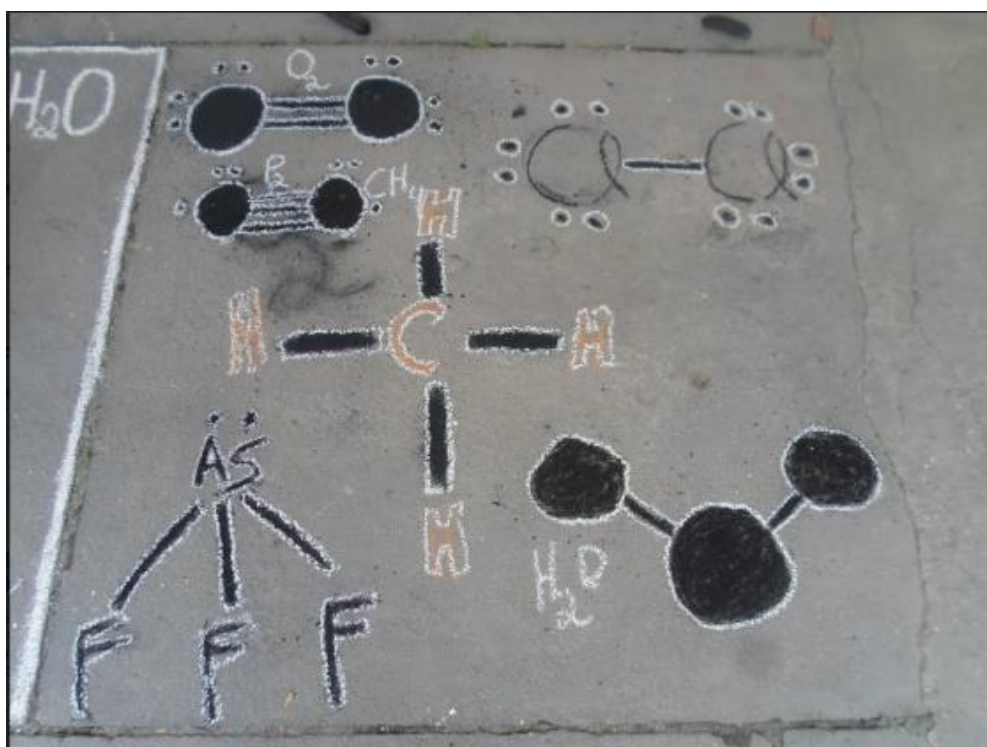


Figura 19: Madonnaro de moléculas pertencentes às geometrias: linear, angular, piramidal e tetraédrica.

É possível ver um erro evidente nas estruturas 3D do metano (geometria tetraédrica) e do AsF_3 (geometria pirâmidal) representados como estruturas 2D (Figura 19).



Figura 20: Madonnaro de moléculas pertencentes à geometria tetraédrica.



Figura 21: Madonnaro de molécula pertencente à geometria tetraédrica onde também é possível ver um erro evidente na estrutura 3D do tetrabromo de metila representado em estrutura 2D.



Figura 22: Área da escola utilizada como referência para a prática do *Madonnaro*

Foi notório perceber uma maior preocupação por parte da escrita dos alunos na real demonstração dos pares de elétrons livres nas estruturas desenhadas. Contudo, um *Madonnaro* em especial, produzido pelos alunos com a ajuda do professor de Artes, merece destaque devido à beleza do seu resultado (Figura 23).



Figura 23: Geometria tetraédrica representada pela arte de rua *Madonnaro*.

5. 3. FASE 3

Com o término do projeto “O ENSINO DA QUÍMICA ATRAVÉS DA PRÁTICA

DO MADONNARO” (Marcus V. H. Faria, Marcelo A. Coelho, 2018), no qual, através de uma aula interdisciplinar, se conseguiu a sensação inédita de ensinar conceitos fundamentais da Química por meio da Arte, voltamos ao uso de métodos computacionais como ferramentas para o ensino de Química no Ensino Médio. O aplicativo *Mo-Cubed* foi utilizado com o intuito de fornecer informações sobre reações Químicas e propriedades eletrônicas.

Na aula 1, 20 estudantes da turma da 2ª série, após instruções quanto ao uso do aplicativo e suas funções básicas, foi apresentada a um exercício sobre o conteúdo de estequiometria envolvendo conceitos de reações orgânicas, como a reação de combustão completa de reagentes orgânicos tais como: etanol, octano, benzeno, butano e metano. Os alunos puderam calcular o volume de gás carbônico liberado para a atmosfera terrestre pela queima de 1 grama de cada combustível, e para a realização dos cálculos, o uso da massa molecular fornecida pelo aplicativo *Mo-Cubed* foi usado como referência.

Além da excelente qualidade gráfica que o aplicativo fornece a rápida construção de moléculas orgânicas em estrutura em bastão e posterior fácil conversão de estruturas 3D, e a fácil rotação das moléculas através da ponta dos dedos, torna o aplicativo muito mais que um mero suporte para o professor em sala de aula e sim uma fonte inesgotável de inspiração para criação de novas metodologias computacionais aplicadas à sala de aula.

Ao realizar a tarefa, os alunos em grupo primeiro escolheram o reagente que iriam testar, daqueles disponibilizados pelo professor; em seguida, desenharam o reagente no aplicativo *Mo-Cubed* em estrutura em bastão (Figura 24) e posteriormente a converteram para estrutura 3D (Figura 25). Os grupos foram orientados, através de uma ferramenta disponibilizada e de fácil acesso do aplicativo, a encontrar informações disponibilizadas referentes aos reagentes, como a massa molecular, através da função “Search PubChem” (Figuras 26), para posterior utilização nos cálculos estequiométricos e comparação com os resultados encontrados, caso fossem também usados dados da literatura tradicional da Química fornecida pela escola.

No decorrer do exercício, o que se viu foi uma grande interação dos alunos com o aplicativo, não se limitando apenas a uma função específica, ou desenho de determinado reagente solicitado pelo professor. Os alunos ficaram livres e construíram moléculas conhecidas do seu cotidiano e através da função aprendida com a lição, “Search PubChem”, buscaram verificar variadas informações de cada composto que era possível ser construído no aplicativo.

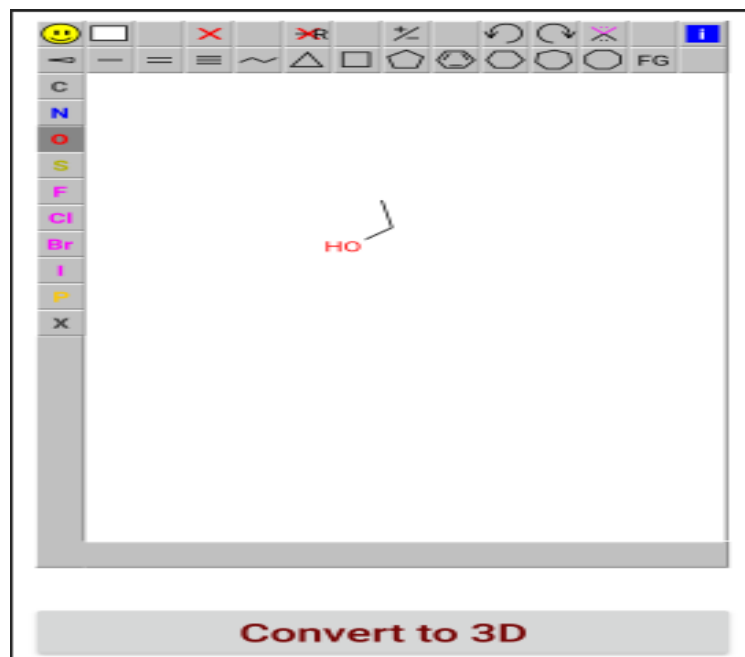


Figura 24: Tela de construção de imagens em estruturas em bastão do aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.

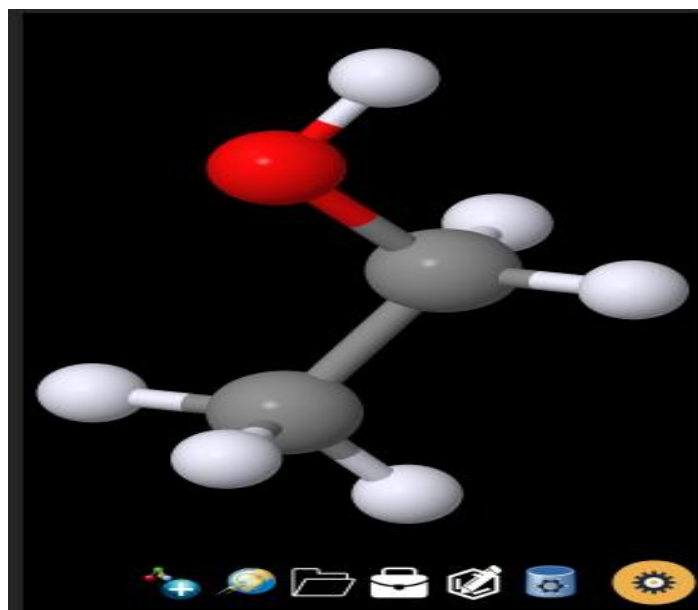


Figura 25: Visualização de estruturas 3D disponibilizada pelo aplicativo de celulares Android Mo-Cubed.

Fácil visualização de geometrias aprendidas no EM: geometria tetraédrica localizada no carbono sp^3 do CH_3 e do CH_2 ; geometria angular apresentada pelo átomo de oxigênio no grupo hidroxila (OH) do álcool.

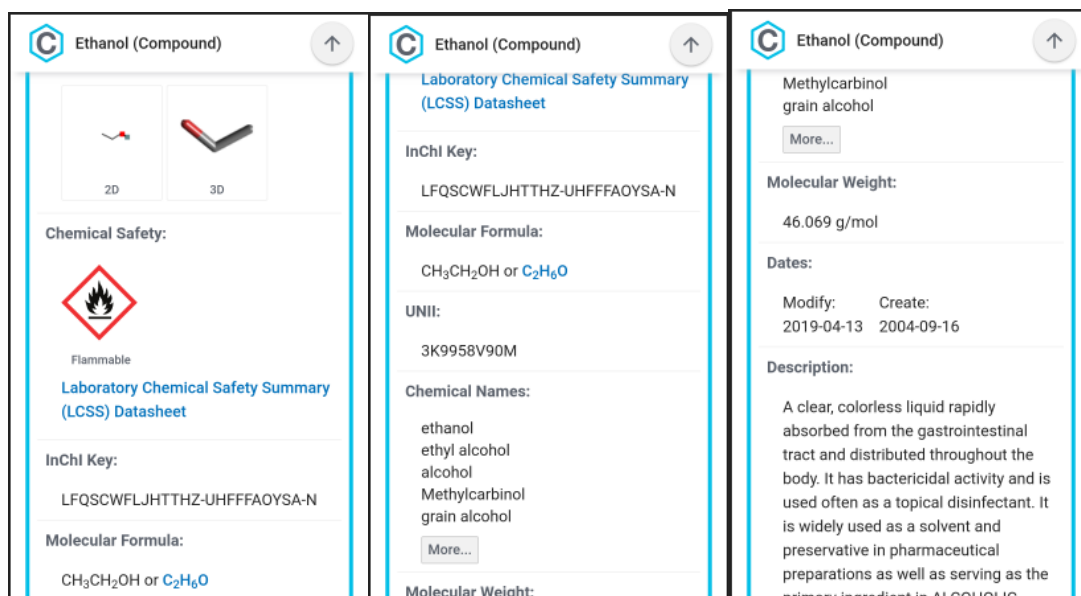


Figura 26: Sequência de visualização de informações disponíveis através da função “PubChem” fornecidos pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.

Na aula 2, última aula experimental desse trabalho, a atenção foi voltada para as propriedades eletrônicas dos compostos orgânicos, e a segunda aula expositiva com a utilização do aplicativo de celular *Mo-Cubed* foi realizada, onde a turma da 3ª série foi convidada a participar e realizar o *download* do aplicativo para que pudesse ser utilizado como ferramenta para o ensino de Química, dentro do conteúdo de propriedades físico-químicas dos compostos orgânicos.

Após instrução quanto ao uso das funções básicas do aplicativo, os alunos foram orientados a construir moléculas solicitadas pelo professor no aplicativo, e através da função “mapa de potencial eletrostático” (figuras 27, 28, 29 e 30), determinar qual a região, ou não, que poderia vir a interagir com uma molécula de água, e qual interação seria essa.

A visualização das regiões de altas e baixas densidades eletrônicas, através da função do mapa de potencial eletrostático, pode ser considerada uma quebra de paradigmas no Ensino de Química no EM. Através da fácil visualização das estruturas tridimensionais, com o seu visual colorido, onde o azul serve para marcar regiões de baixas densidades eletrônicas, e o vermelho para marcar regiões de altas densidades eletrônicas, os alunos puderam observar se os compostos possuíam ou não distorções nas chamadas “nuvens eletrônicas” e definir possíveis pontos de interação com a molécula de água, sejam eles através de ligação de hidrogênio, ou mesmo, de interações dipolo-dipolo. O que se pode notar ao decorrer da aula foi mais uma vez uma grande interação dos grupos de alunos com o aplicativo usado, não se limitando apenas à construção das moléculas solicitadas pelo

professor, mas também construção de moléculas conhecidas do seu cotidiano, relacionadas diretamente com o conteúdo aprendido na aula, propriedades físico-químicas dos compostos orgânicos.

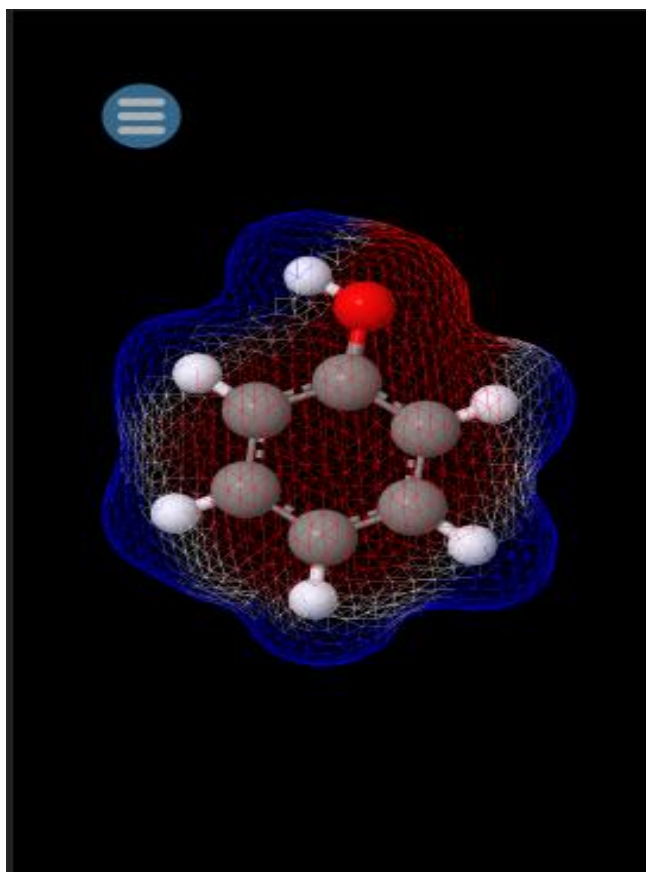


Figura 27: Visualização do mapa de potencial eletrostático do fenol fornecido pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.

É possível a observação da polarização das nuvens de elétrons provocada pela adição do grupamento hidroxila (OH) ao anel aromático, evidenciada pela variação de cores. Fácil visualização dos seis carbonos com hibridação sp^2 no anel aromático com sua geometria trigonal, e o oxigênio localizado na hidroxila (OH) do fenol, apresentando duas ligações covalentes e sua geometria angular.

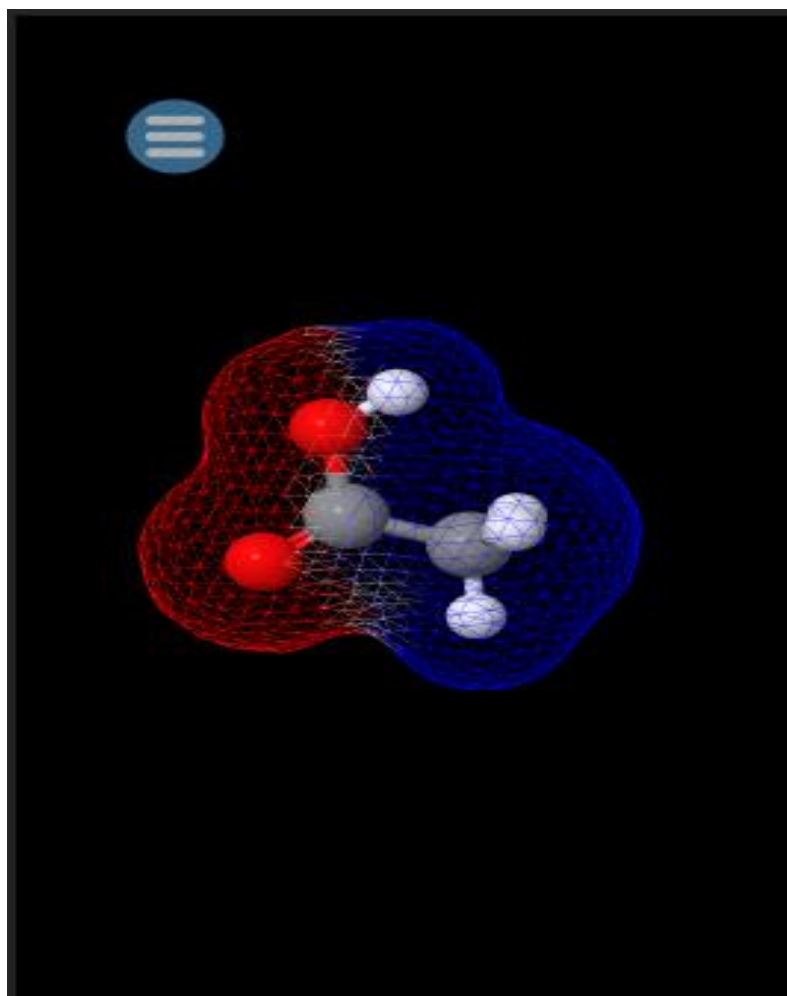


Figura 28: Visualização do mapa de potencial eletrostático do ácido acético fornecido pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.

É possível a observação da polarização da nuvem eletrônica provocada pelo grupamento carboxila, evidenciado pela variação de cores, onde os átomos de oxigênio causam grande influência na polarização. Houve uma fácil visualização de três geometrias aprendidas no EM no ensino de Química: geometria angular apresentada pelo oxigênio da hidroxila (OH) do ácido; geometria trigonal evidenciada pela presença do carbono sp^2 localizado na carbonila (CO) do ácido; geometria tetraédrica evidenciada pela presença do carbono sp^3 localizada na metila (CH_3) do ácido.

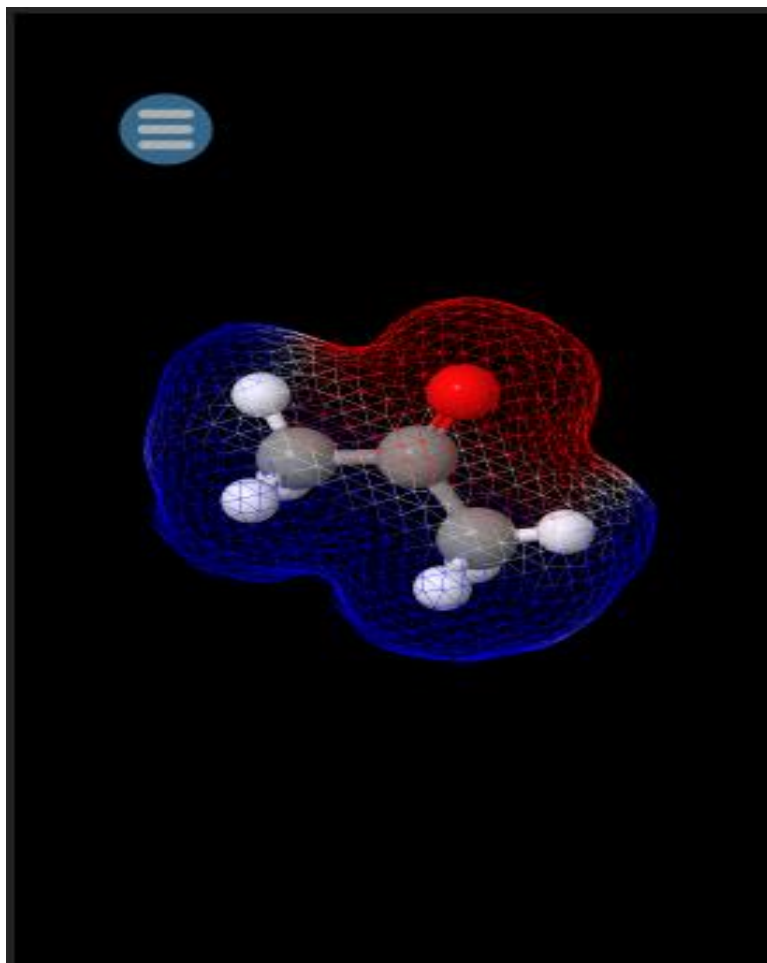


Figura 29: Visualização do mapa de potencial eletrostático da propanona fornecido pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.

É possível a observação da polarização da nuvem eletrônica provocada pelo grupamento carbonila da propanona, composto químico bastante conhecido do nosso dia a dia, evidenciado pela variação de cores, onde o átomo de oxigênio causa grande influência na polarização e um possível ponto de interação com uma molécula de água, uma interação do tipo ligação de Hidrogênio. Ocorreu fácil visualização de geometrias aprendidas no ensino de Química no EM: geometria tetraédrica apresentada pelas duas metilas (CH_3) nas extremidades da cadeia, apresentando seus carbonos com 4 ligações covalentes simples e hibridação sp^3 ; geometria trigonal apresentando seu carbono com hibridação sp^2 localizada no carbono da carbonila (CO), que identifica a função cetona.

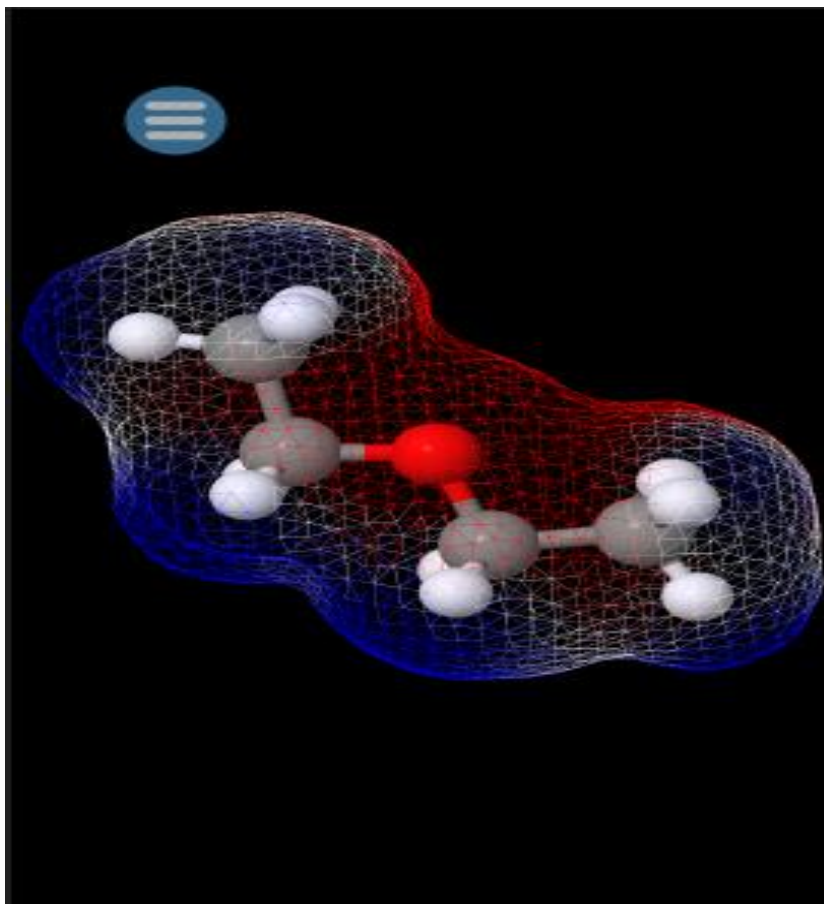


Figura 30: Visualização do mapa de potencial eletrostático do éter dietílico fornecido pelo aplicativo para celulares Android Mo-Cubed.

É possível observar a polarização na nuvem de elétrons influenciados pelo átomo de oxigênio, representando a função orgânica éter e um possível ponto de interação com uma molécula de água, uma interação do tipo ligação de Hidrogênio. Há uma fácil visualização de geometrias aprendidas no ensino de Química no EM: geometria tetraédrica apresentada pelas duas etilas (CH₃CH₂) da cadeia, apresentando seus carbonos com 4 ligações covalentes simples e hibridação sp³; geometria angular localizada no oxigênio posicionado como um heteroátomo, possuindo duas ligações covalentes simples.

O aplicativo foi de grande valia no processo de ensino aprendizagem, uma vez que a relação dos alunos com os ensinamentos de Química extrapolou o cotidiano comum da sala de aula, onde aulas expositivas são os recursos mais aplicados pelos professores de uma forma geral. Com o uso de ferramentas computacionais para o ensino de Química, como a utilização de recursos como *notebook* e aparelho de celular, foi possível a criação de novas situações no decorrer do ano para os alunos, onde através da fácil manipulação e visualização de estruturas moleculares tridimensionais, somados à possibilidades dos recursos disponibilizados pelo aplicativo, estes podem enriquecer uma aula expositiva de

uma maneira geral.

5. 4. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

A seguir são apresentados os resultados da avaliação do Questionário 1:

Você utiliza smartphone?

34 responses

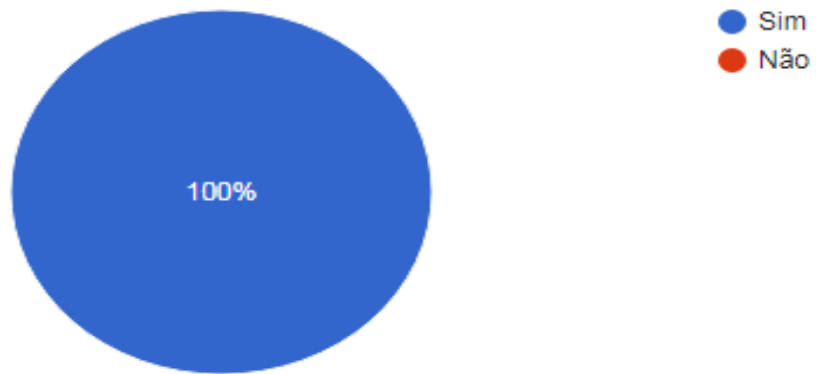


Gráfico 1: Dados Uso de *Smartphone*

Qual o sistema operacional?

34 responses

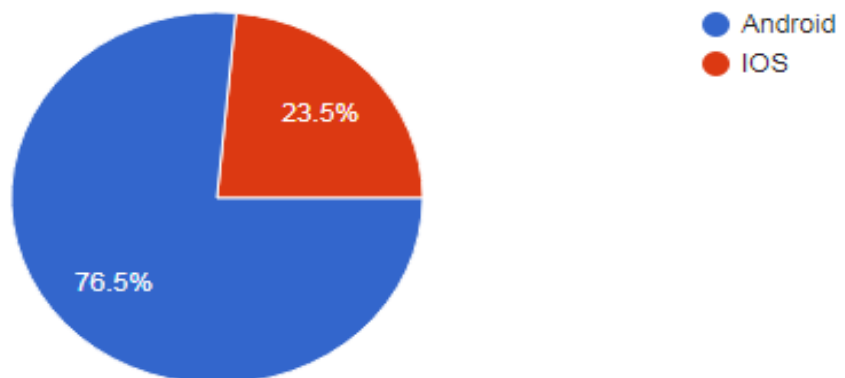


Gráfico 2: Dados do uso de Sistema Operacional em *smartphone*

Já utilizou tecnologia digital (notebook, smartphone ou tablet) em sala de aula?

34 responses

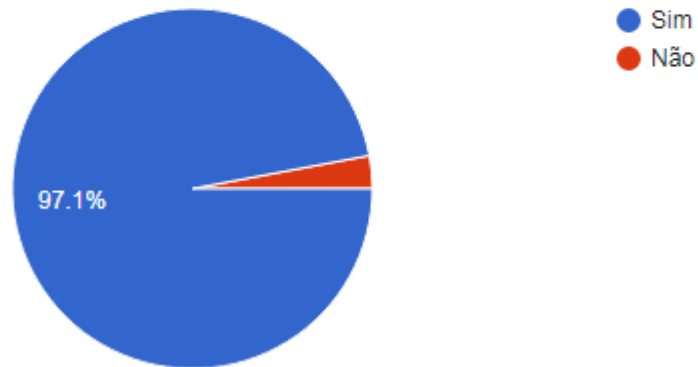


Gráfico 3: Dados do uso de tecnologia digital em sala de aula.

Se sim, em qual disciplina?

33 responses

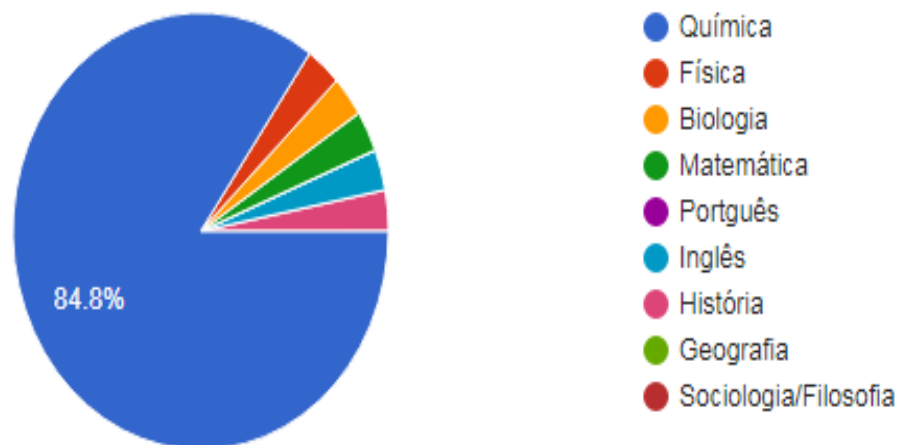


Gráfico 4: Dados das disciplinas em que os alunos já utilizaram tecnologia digital.

Na sua opinião, as aulas interativas contribuíram para o seu aprendizado em química?

34 responses

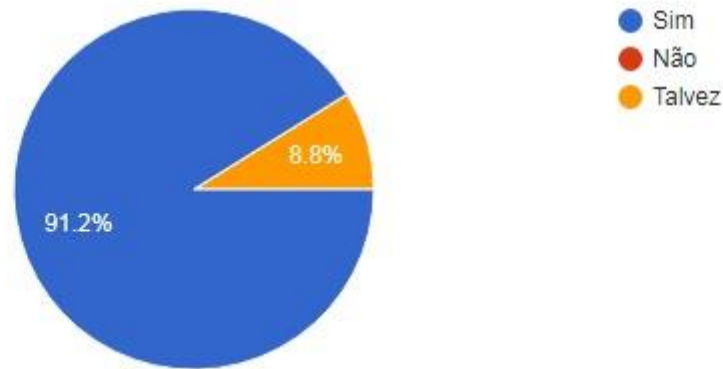


Gráfico 5: Dados do uso de tecnologia digital para o aprendizado de Química.

Qual a sua avaliação para o jogo digital de adivinha da tabela periódica?

33 responses

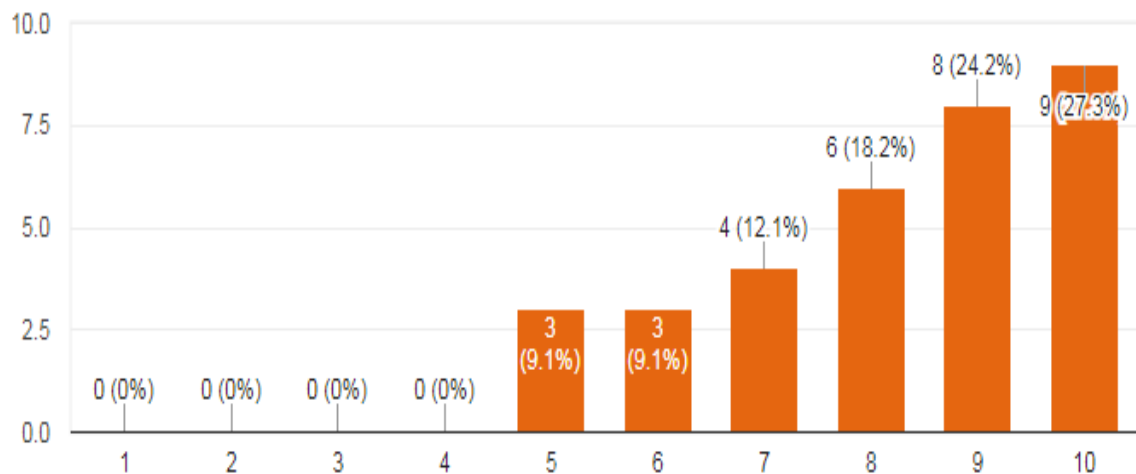


Gráfico 6: Avaliação do jogo digital de adivinha da tabela periódica.

Qual a sua avaliação do programa de computador ACD/Labs?

32 responses

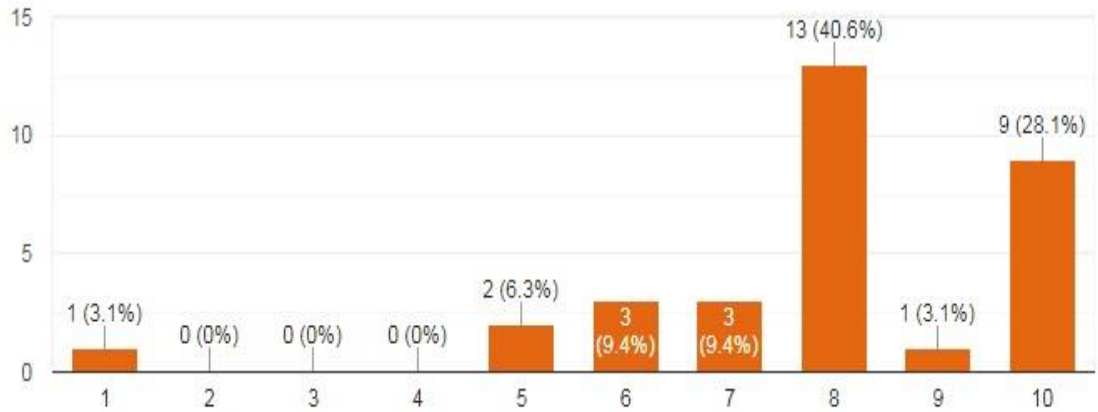


Gráfico 7: Avaliação do programa ACD/Labs

Qual sua avaliação sobre aplicação da arte de rua do Madonnaro?

32 responses

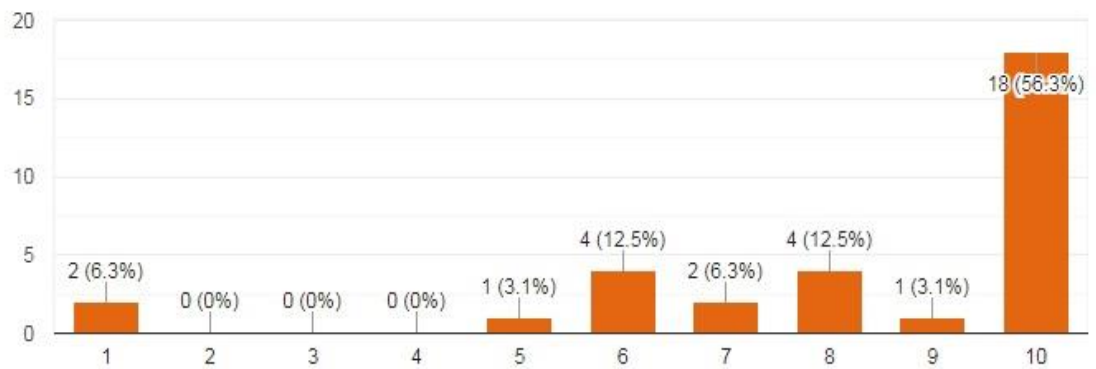


Gráfico 8: Avaliação da arte de Rua *Madonnaro*

Qual a sua avaliação do aplicativo para celular Mo-Cubed?

32 responses

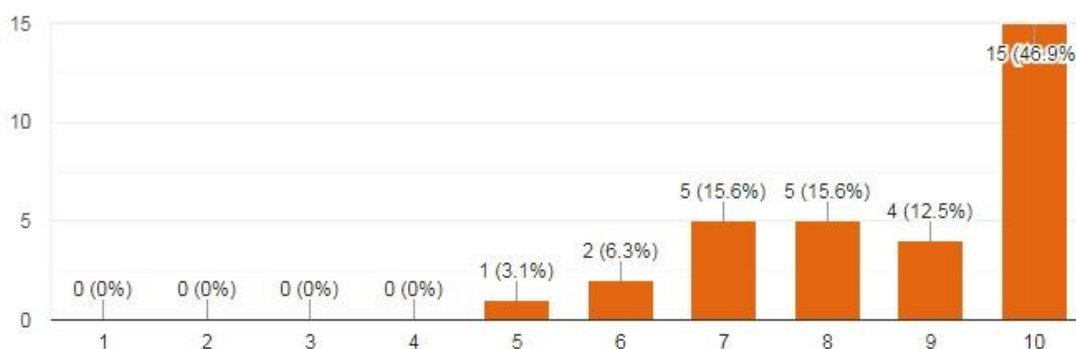


Gráfico 9: Avaliação do aplicativo *Mo-Cubed*

Com os resultados obtidos no Questionário 1, onde 100% dos estudantes responderam que utilizam *smartphones*, 76,5% destes com sistema operacional Android, juntamente com a avaliação massiva positiva sobre os recursos tecnológicos usados em sala de aula, programa *ACD/Labs*, *jogo digital do adivinha da tabela periódica* e o aplicativo para *smartphones Mo-Cubed*, podemos afirmar que as aulas interativas, utilizando ferramentas computacionais, fugindo dos padrões tradicionais das aulas expositivas, podem trazer resultados benéficos no processo de ensino aprendizagem e ainda melhorar a relação dos alunos e alunas com conteúdos abstratos abordados no ensino de Química e das ciências em geral.

As avaliações das atividades desenvolvidas neste trabalho, utilização do jogo de adivinhas da tabela periódica, uso do programa de computador *ACD/Labs*, aplicação do Projeto: “O ENSINO DA QUÍMICA ATRAVÉS DA PRÁTICA DO *MADONNARO* e uso do aplicativo para *smartphones Mo-Cubed*, mostram grande aceitação por parte dos alunos e alunas, podendo considerar como excelente as avaliações, uma vez que a maioria delas apontaram notas entre 8, 9 e 10.

Os dados justificam a utilização de PE de modelagem molecular gratuitos como o *Mo-Cubed*, que fornece informações sobre polaridade das substâncias, reações Químicas e propriedades eletrônicas, conteúdos vistos no 3º bimestre da turma da 1ª série, 3º bimestre da turma da 2ª série e 3º bimestre para turma de 3ª série do Ensino Médio. Com a fácil construção e visualização de estruturas 3D, o aplicativo de *smartphones* é uma excelente ferramenta de apoio para professores no Ensino de Química no EM.

Este trabalho vai ao encontro à proposta pedagógica da escola trabalhada, que possui uma plataforma digital de ensino, servindo de conexão entre professores e discentes, onde a maioria já participou de aulas interativas com o recurso da tecnologia digital, seja ele *tablet*, *notebook* ou *smartphone*, praticamente em todas as disciplinas da grade curricular do Ensino Médio da escola SMCE. Vale ressaltar que esta pergunta foi feita após a aplicação das atividades, sendo assim este resultado pode apresentar algum viés.

O Questionário 2, também com perguntas fechadas, foi aberto ao público em geral, pessoas que possuem vínculo direto ou indireto com o autor deste trabalho, sendo assim pessoas do ambiente de trabalho, ambiente familiar e amigos. Foi divulgado pelas redes sociais (Facebook e WhatsApp) com o total de 8 perguntas, onde 46 pessoas participaram e responderam voluntariamente, também com o intuito geral de se obter informações sobre o uso de recursos digitais em sala de aula. As perguntas feitas e os resultados obtidos serão mostrados e analisados nos quadros abaixo:

- Questionário 2 (aberta ao público geral, divulgada através das redes sociais)

Qual a sua idade?
39 responses

Choices	%	Count
10 - 15 anos	4,35 %	2
16 - 20 anos	28,26 %	13
21 - 25 anos	15,22 %	7
26 - 30 anos	8,70 %	4
31 - 35 anos	17,39 %	8
Acima de 35 anos	10,87 %	5
Not Answered	15,22 %	7

Gráfico 10: Faixa etária dos indivíduos envolvidos no questionário 2.

Qual seu nível de escolaridade?

39 responses

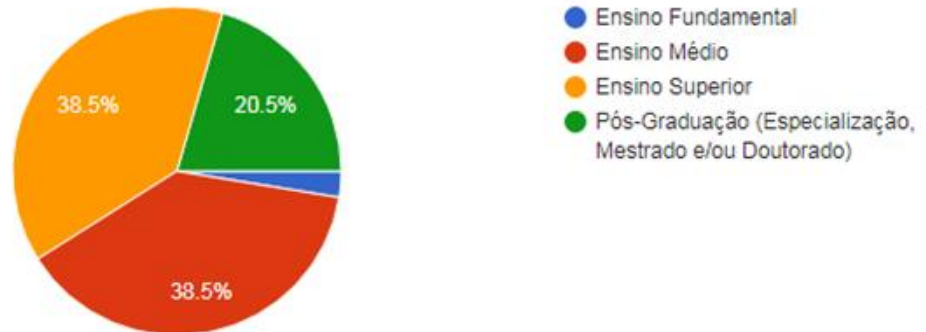


Gráfico 11: Escolaridade dos indivíduos envolvidos no questionário 2.

Você utiliza smartphone?

48 responses



Gráfico 12: Uso do *Smartphone* pelos indivíduos envolvidos no questionário 2.

Qual o sistema operacional?

48 responses

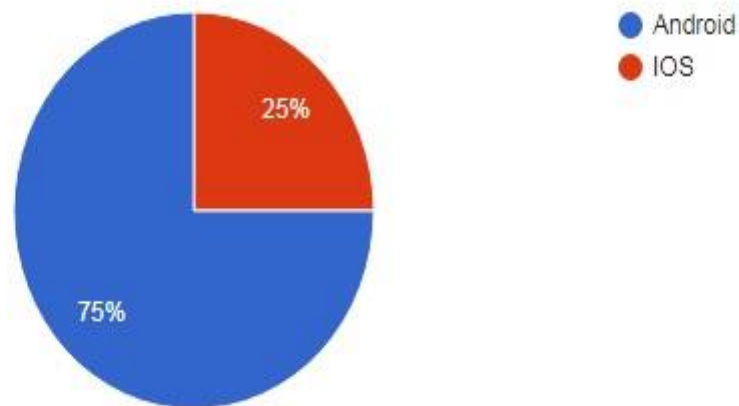


Gráfico 13: Sistema operacional utilizado pelos indivíduos envolvidos no questionário 2.

Já utilizou tecnologia digital (notebook, smartphones ou tablets) em sala de aula?

48 responses

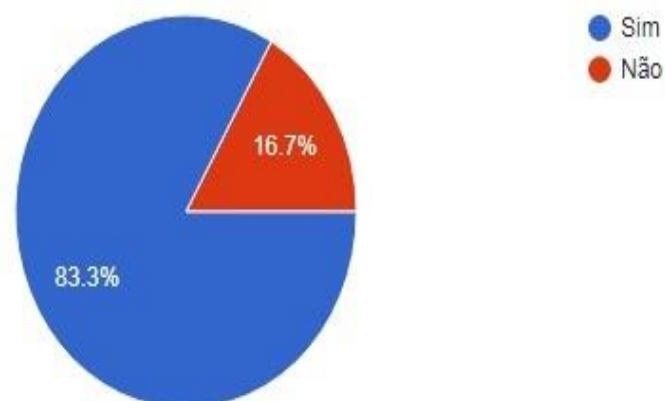


Gráfico 14: Uso de tecnologia digital em sala de aula pelos indivíduos envolvidos no questionário 2.

Se sim, em qual disciplina?

41 responses

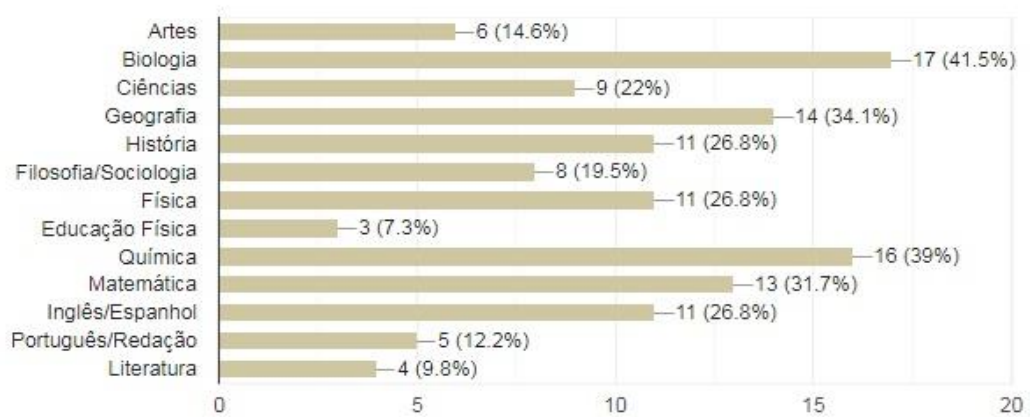


Gráfico 15: Disciplinas com uso de tecnologia digital pelos indivíduos envolvidos no questionário 2.

Na sua opinião, as aulas interativas contribuem para o seu aprendizado?

48 responses

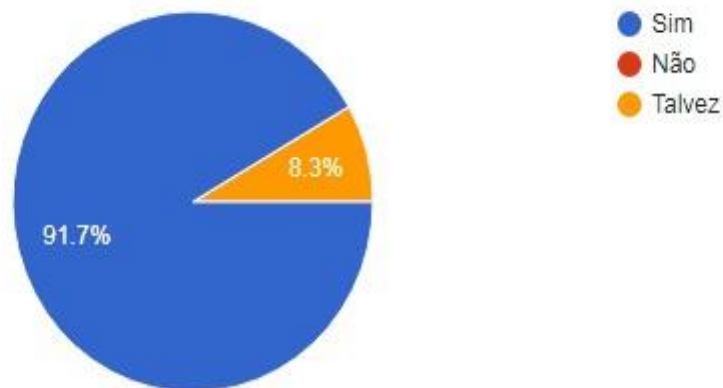


Gráfico 16: Contribuição da tecnologia digital para o aprendizado.

Na sua opinião, a utilização de aplicativos para smartphones em sala de aula pode causar um déficit de atenção?

48 responses

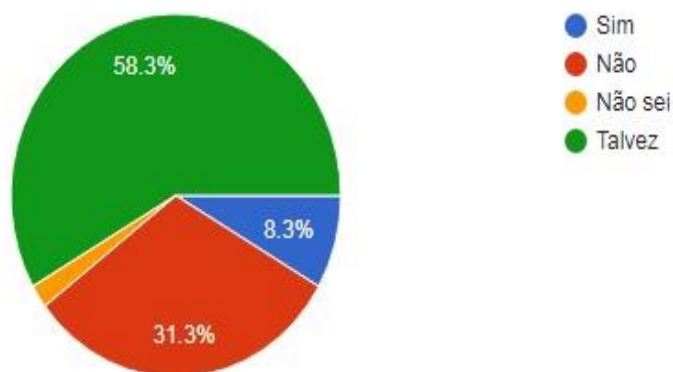


Gráfico 17: Opinião sobre déficit de atenção com o uso de tecnologia em sala de aula.

No Questionário 2, aberto ao público e divulgado por meio das redes sociais (Facebook, Instagram e WhatsApp), um total de 48 pessoas participaram e responderam voluntariamente; destas, mais de 95% possuem *smarthphones*, 75% com sistema operacional Android. Dos participantes, com nível de escolaridade variando entre Ensino Médio, Ensino Superior e Pós-graduação, um pouco mais de 83% já participaram de aulas interativas que utilizaram esses recursos digitais, sejam eles: *tablets*, *notebook* ou *smartphones*. A grande maioria das disciplinas usam recursos digitais como ferramentas de Ensino, e as disciplinas que mais utilizam esses recursos digitais em sala de aula são: Biologia (41,5%), Química (39%) e Geografia (34,1%).

É importante notar que perguntas que se repetiram nos dois questionários tiveram uma tendência de terem resultados parecidos, o que pode não ser verdade caso este trabalho venha se repetir em um outro nicho de atuação, diferente do autor deste trabalho.

Um dado interessante é que 58,3% das pessoas entrevistadas no questionário 2 acreditam que “talvez” a utilização de aplicativos de *smartphones* utilizados em sala de aula pode vir a causar um déficit de atenção ou desvio do foco central de atividades propostas. O autor deste trabalho ressalta que, para a execução de todas as atividades ligadas a recursos digitais realizadas neste trabalho, os alunos e alunas ficaram livres das suas obrigações diárias de discentes, para poder trabalhar em grupo e focar nas atividades

que eram propostas, e apesar de sempre se mostrarem satisfeitos por estarem fora do ambiente padrão de sala de aula, sempre se mantiveram focados, para assim não desviar atenção dos objetivos centrais da pesquisa.

6. PRODUTO DA DISSERTAÇÃO

Ao concluir esta pesquisa, para o produto da dissertação foi elaborado um *blog* que tem como objetivo a divulgação de ferramentas educacionais de apoio didático ao professor, trabalhos que dialoguem com temáticas a respeito do uso de ferramentas computacionais para o Ensino de Química.

O endereço para acesso ao *blog* é: <https://marcushungaroquimica.blogspot.com/>.

7. CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto e apoiado em dados dos Questionários 1 e 2, a conclusão a que este trabalho chega é que o uso de ferramentas facilitadoras de ensino como método complementar para o Ensino de Química no EM, incluindo a leitura de livros paradidáticos sobre História da Química, uso de jogos educacionais, o uso de Programas Educacionais (PE) e os Jogos Digitais (JD) disponíveis gratuitamente na rede, além de uma proposta interdisciplinar de ensinar Química através da Arte, por meio do Projeto “O ENSINO DA QUÍMICA ATRAVÉS DA PRÁTICA DO *MADONNARO*”, pode melhorar e potencializar significativamente o processo de ensino/aprendizagem desta ciência.

Com base nos dados apresentados nesta dissertação fica claro que o uso de aulas interativas utilizando recursos digitais como alternativas para o ensino de Química são excelentes ferramentas de apoio para os professores do EM tornarem suas aulas mais dinâmicas e atrativas. Entretanto, devemos lembrar que apesar da grande maioria dos adolescentes terem acesso ao uso de *smartphones*, tais ferramentas somente são úteis quando há uma proposta didática objetiva e centrada em temas específicos da disciplina em questão.

O autor deste trabalho propõe como perspectivas futuras continuar a investigação e desenvolvimento de metodologias combinadas e facilitadoras para o ensino de Química, com destaque para o uso de ferramentas computacionais e a utilização da arte no ensino de Química. Espera-se, com as atividades, construir oportunidades de aproximação e potencialização na aprendizagem de seus conteúdos através da interdisciplinaridade com as Artes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACD ChemsKetch 2012. (2012). Versão 12.0, **Desenvolvimento de Química Avançada. ADIVINHAS SOBRE A TABELA PERIÓDICA**. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/jogostp/jogos/adivinhas/index.html>> Acesso em: 25 de fevereiro de 2018.

ANDRADE, Fabiana Chagas de. **Jujubas e palitos de dente: um método lúdico para ensinar Geometria Espacial**. Monografia. 43 p. Duque de Caxias, RJ. Unigranrio, 2010.

ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; HOMEM-DE-MELLO, P.; GAMBARDELLA, M. T. P.; SILVA, A. B. F. **O show da Química: motivando o interesse científico**. Química Nova, São Paulo, v. 29, n. 01, pp. 173-178, 2006.

BARBOSA, P. M. **O estudo da geometria. 2003**. Disponível em: <http://200.156.28.7/Nucleus/media/common/Nossos_Meios_RBC_RevAgo2003_Artigo_3.rtf>. Acesso em: agosto. 2018.

BELUCE, A. C.; OLIVEIRA, K. L. **Ambientes virtuais de aprendizagem: das estratégias de ensino às estratégias de aprendizagem**. In: ANPEDSUL, IX, 2012. Anais... Caxias do Sul, 2012. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/3006/904>. Acesso em: ago. 2018.

BELO, R. A. **Entre a crítica ao progresso e as contribuições da tecnologia na sociedade atual: uma discussão da relação entre TIC, educação e o trabalho docente**. Revista Educação à Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais (EDaPECI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), v.14, n.2, p.322-338 maio/ago 2014.

BONILLA, M. H. S. (1995). **Concepções do Uso do Computador na Educação. Espaços da Escola**, 4(18), 14 – 20.

BORBA, M.C.; LACERDA, H. D. G.. **Políticas Públicas e Tecnologias Digitais: um celular por aluno**. Educação Matemática Pesquisa (Online), v. 17, p. 490-507, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Química**. Brasília, 2012.

CAMPANARO, Babi. **Madonnari – uma lembrança de Firenze**. 18 de agosto 2014. Disponível em: <<http://www.vivatoscana.com.br/2014/08/madonnari-uma-lembranca-defirenze.html>>. Acesso em: 05 de agosto de 2014.

COELHO, Marcelo A. **Madonnaro: mediando saberes na escola a partir do Salão Preto e Branco**. 31 de março de 2016.

COELHO, Marcelo A. **O lugar da educação patrimonial na escola: o madonnaro como ferramenta de educação ao patrimônio.** Dissertação (Mestrado) – Instituto Multidisciplinar Programa de Pós-Graduação em Patrimônio, Cultura e Sociedade (PPGPACS), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, 2019, 165 p.

FARIA, Marcus V. H., COELHO, M. A.; SANT'ANNA, C. M. R. **O ensino da química através da prática do *Madonnaro***, 2018.

FEIJÃO, M.H.S.M.. **A Multideficiência e as Tecnologias de Informação e Comunicação.** 2013. 208 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnologias de Informação e Comunicação) – Universidade de Lisboa, Lisboa- PT, 2013.

FERREIRA, C.R.; ARROIO, A. **Visualizações no Ensino de Química: Concepções de Professores em Formação Inicial.** Química Nova na Escola. Vol.35, n.3, p.199-208, ago, 2013.

Ferreira, L. H., Correa, K. Ce. S. e Dutra, J. de L.: **Análise das estratégias para o ensino da Tabela Periódica.** Revista Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR Vol. 38, N° 4, p. 349-359, NOVEMBRO 2016

FLÔR, C. C. **A história da síntese de elementos transurânicos e extensão da Tabela Periódica numa perspectiva Fleckiana.** Química Nova na Escola, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 246- 250, 2009.

FLORES, K. K. A.; MÓL, G. S. **O uso do Software Educacional ACD/ChemSketch® como ferramenta dinâmica no Ensino de Química Orgânica. 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.** São Paulo, 19 à 25 de maio de 2016. Disponível em :< <https://sec.sbq.org.br/cd29ra/resumos/T0005-1.pdf>> Acesso em: 08/07/2016.

FONSECA, A.G.M.F.. **Aprendizagem, mobilidade e convergência: mobile learning com celulares e *smartphones*.** Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Mídia e Cotidiano, n.2. p.163-181, 2013.

FRACALANZA, H; AMARAL, I. A; GOUVEIA, M. S. F. **O ensino de Ciências no primeiro grau.** São Paulo: Atual, 1986.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados.** Ijuí: Editora Unijuí, 2008.

GODOI, C. K.; BANDEIRA-DE-MELLO R.; SILVA, A. B. **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos.** 2.ed. São Paulo, 2010.

GOMES, M. S. S. O.; FILHO, J. D. M. L. **Simulações e modelos computacionais aplicados ao ensino de Química.** VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 19 à 21 de outubro de 2012.

GONÇALVES, R.O.; CRISÓSTOMO, L.C.S.; MARINHO, M.M.; CASTRO, R.R.; MARINHO, E.S. **Estudo in silico da molécula do Ácido (2S)-1-[(2S)-2-metil-3sulfanilpropanoil] pirrolidina-2-carboxílico (CAPTOPRIL).** XX Encontro de Iniciação

à Pesquisa Universidade de Fortaleza, 20 a 24 de Outubro de 2014.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio: **Acesso à Internet e à Televisão e Posso de Telefone Móvel Celular para Uso Pessoal 2013**. Rio de Janeiro: IBGE. , 2015

KEAN, Sam. **A colher que desaparece: E outras histórias reais de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

KENSKI, V. M.. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 2. ed. Campinas: Papirus, 2004. (Série Prática Pedagógica).

KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a Educação Infantil**. São Paulo: Pioneira, 1998. 19p. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/download/10745/10260>>. Acesso em: ago. 2018.

LE COUTEUR, P; BURRESON, J. (2003) **Os botões de Napoleão – as 17 moléculas que mudaram a história**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 2006. Tradução do original Napoleon's Buttons – How 17 molecules changed history. New York.

MACHADO, S. A.: **Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações**. Revista Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR. Vol. 38, N° 2, p. 104-111, MAIO 2016.

NAALIN, Felice. **L'arte dei madonnari**. Le tecniche. Del segno e del colore. Milano: Giunti Demetra, 2000.

_____. **I Madonnari**. Annunciatori di anziane storie. Verona (Itália): Edizioni MG, 1982.

MOLIN, S.L.; RAABE, A. **Novas tecnologias na educação: transformações da prática pedagógica no discurso do professor**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, de 27 a 30 de setembro de 2012. Rio de Janeiro. 2012.

MORAN, J.M.I. **Tablets e netbooks na educação**. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/prof/moran/tablets.pdf> Acesso em 21 abr 2016.

NICHELE, A.G.; SCHLEMMER, E. **Tablets no Ensino de Química nas Escolas Brasileiras: investigação e avaliação de aplicativos**. In: I Colóquio Luso Brasileiro de Educação a Distância e E-learning, 2013, Lisboa: Universidade Aberta, LEAD, 2013. p. 1-15.

NICHELE, A.G.; SCHLEMMER, E. **Aplicativos para o ensino e aprendizagem de Química**. RNOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 12, p. 1-9, 2014.

PERRENOUD, P. **“Construir competências é virar as costas aos saberes?”** In: Revista Pátio, Porto Alegre: ARTMED, ano 03, n° 11, jan. 2000.

PICCOLI, F. **A história da Química pode ajudar os alunos a atribuir sentido para a tabela periódica?** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MARTINS, T. L. C. **A evolução da Química computacional e sua contribuição para a educação em Química.** Revista Liberato. v. 9, p. 13-22, 2008.

RIBEIRO, Angela, A. & GRECA, Lleana M. (2003). **Simulações Computacionais e Ferramentas de Modelização em Educação Química: uma revisão de literatura publicada.** Química Nova, 26(4), 542 – 549.

RIBEIRO, W.H.F.; MELO, M.F.; MONTEIRO; S.H. **Aplicação de um software educativo para o ensino de Química orgânica no 3º ano de uma escola de ensino médio em Mucambo-CE.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15., 2010. Anais... Brasília, 2010.

SANGER, M. J.; BADGER, S. M. J. **Using Computer-Based Visualization Strategies to Improve Students' Understanding of Molecular Polarity and Miscibility.** Journal of Chemical Education, n. 78, v. 10, p. 1412 – 1416, 2001.

SCHLEMMER, E. **Políticas e práticas na formação de professores a distância: por uma emancipação digital cidadã.** XI Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores. 2011.

SONEGO, A. H. S; BEHAR, P. A.. **M-Learning: Reflexões e Perspectivas com o uso de aplicativos educacionais.** In: X Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE), 2015, Santiago. NuevasIdeasen Informática Educativa TISE 2015. Santiago, 2015. v.1. p.521-526.

TRASSI, R. C. M. et al. **Tabela Periódica interativa: “Um estímulo à compreensão”.** Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 6, p. 1335-1339, 2001. Disponível em: Acesso em: abr. 2015.

TRINDADE, A.M.G.; SANTOS, A.W.N.; ANJOS, V.H.A.; BRAZ, S.R.; MONTE, N.D.; VESCESLAU, J.G. **O uso de softwares no ensino de Química em escolas públicas e privadas de Petrolina/PE e Juazeiro/BA.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 7., 2009. Anais. Salvador, 2009. Disponível em: <http://www.abq.org.br/simpequi/2009/trabalhos/117-5550.htm>. Acessado em: 12 ago. 2018.

VALLETTA, D. **Aplic@tivos para tablets: educar para e com as tecnologias digitais.** RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 13, p. 1-10, 2015.

VALLETTA, D. **Gui@ de aplicativos para educação básica: uma investigação associada ao uso de tablets.** In: XVII ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, v.1.p. 2537-2548, 2014.

WU, H. K.; KRAJCIK, J. S. & SOLOWAY, E. (2001). **Promoting conceptual understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom.** Journal of Research in Science Teaching, 38(7), 821 – 842.

ANEXO I

Regras Jogo da Sueca Química.

Imaginamos que os elementos de transição pudessem ser usados. Esses elementos totalizam 40 cartas, que é o necessário para jogar sueca, que usualmente é jogado por duas duplas.

Como jogar:

1. Embaralhar as cartas.
2. Tirar o trunfo. As cartas da mesma linha da tabela periódica funcionarão como trunfo, sendo que o número atômico maior (número superior esquerdo nas cartas, que correspondem ao número de prótons existentes no núcleo do elemento) têm maior prioridade em relação aos elementos da mesma linha.
3. Distribuir as cartas de modo a todos terem 10 cartas ao total.
4. Aqui a linha da tabela periódica pode servir como naipe. Assim, pode-se jogar uma carta e os outros devem seguir colocando cartas da mesma linha da tabela periódica.
5. Quem não tiver cartas dessa linha poderá usar o trunfo para “cortar” a jogada.
6. Ao final, quando todos não tiverem mais cartas em mãos, dá-se início à contagem das cartas de cada uma das duplas.
7. O valor de cada carta corresponderá ao número de pontinhos negros (elétrons) impressas em cada carta.
8. Quem tiver maior valor ganha a partida.

ANEXO II

Questionário aplicado antes e depois do jogo digital do adivinhas da tabela periódica.

Data:31/10/18; Hora:13h as 17h; Alunos: +-20; Turma: 1ªsérie.

Conteúdo: História e evolução da Ciência; Modelos Atômicos; Estrutura Atômica; Tabela Periódica.

Nome do Aluno:

Questionário

- 1) Quantos períodos (ou níveis) existem na tabela periódica dos elementos químicos e quantas colunas (ou grupos “famílias”) respectivamente?
a) 2 e 10. b) 7 e 18. c) 10 e 5. d) 16 e 2. e) 8 e 18.
- 2) Quantos elementos há no 4º período da tabela periódica?
a) 5. b) 12. c) 18. d) 25. e) 30.
- 3) Na configuração eletrônica de um gás nobre X há quatro níveis energéticos (K, L, M, N). O número atômico desse elemento é?
a) 2 b) 8 c) 10 d) 36 e) 54
- 4) O ânion trivalente do elemento ${}_{7}\text{N}^{14}$ terá a seguinte configuração eletrônica por ordem crescente de energia dos subníveis:
a) $1s^2 2s^2 2p^6$ b) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ d) $1s^2 2s^2 2p^5$ e) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
- 5) O átomo de um elemento químico apresenta a seguinte configuração eletrônica em subníveis: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$. Esse elemento ocupa, na classificação periódica, a família dos:
a) Metais alcalinos b) Metais alcalinos terrosos c) Calcogênios d) Halogênios e) Gases nobres
- 6) Vários óxidos anfóteros (óxidos que reagem com ácidos e bases e não reagem com a água) apresentam importância econômica, tais como: Al_2O_3 , que é matéria-prima da qual se extrai o alumínio; Cr_2O_3 , fonte de cromo usado na fabricação de aço inox; ZnO , utilizado em pomadas medicinais; PbO , usado em baterias; e o MnO_2 , em pilhas e nas baterias alcalinas. Dentre os elementos químicos constituintes dos óxidos mencionados, quais são os de transição externa?
a) Al, Pb, Zn b) Cr, Zn, Mn c) Cr, Pb, Mn d) Mn, Al, Pb e) Al, Pb, Cr
- 7) A tabela de Mendeleiev, ao ser apresentada à Sociedade Russa de Química, possuía espaços em branco, reservados para elementos ainda não descobertos. A tabela foi assim organizada a partir da crença de Mendeleiev na existência de relações periódicas entre as propriedades físico-Químicas dos elementos. Dois dos elementos, então representados pelos espaços em branco, hoje são conhecidos como gálio (Ga) e germânio (Ge). Mendeleiev havia previsto, em seu trabalho original, que tais elementos teriam propriedades Químicas semelhantes, respectivamente, a:
a) Estanho (Sn) e Índio (In). b) Alumínio (Al) e Silício (Si). c) Cobre (Cu) e Selênio (Se). d) Zinco (Zn) e Arsênio (As). e) Zinco (Zn) e Chumbo (Pb).

ANEXO III

Lista de dez exemplos de perguntas inseridas no jogo digital do adivinhas da tabela periódica.

Total de perguntas no jogo: 66 perguntas.

“Qual é o elemento, qual é ele?”

1) Meu número atómico é quatro
Mas é no dois que eu penso
Pois é do dois e sempre dois
O período e grupo a que pertença

resposta: berílio (Be)

2) Quando o sol ataca forte
Com a sua radiação
Eu (a três) tiro ultravioleta
Para tua proteção

resposta: oxigênio (O)

3) Um electrão de valência
Com frequência me escapa
Fico num ião positivo
Mas continuo com "capa"

Resposta: potássio (K)

4) Sou gás com o meu parzinho
E do teflon sou obreiro
Não sou só um halogéneo
Mas o halogéneo primeiro

Resposta: flúor (F)

5) Estou presente na lixívia
Para a roupa branquear
Encontras-me nas piscinas
P'ra água desinfetar

Resposta: cloro (Cl)

6) Sou do grupo dezasseis
Desgostam dos meus odores
Saio de dentro da Terra
Em S. Miguel, nos Açores

Resposta: enxofre (S)

7) Minha primeira letra é
"M"

E a segunda é
vogal

O meu período é o
terceira

Estou no verde vegetal

resposta: magnésio (Mg)

8) Existo em janelas e
portas

A bauxite é coisa
minha

Estou em tachos e
panelas

E em rolos, na
cozinha

resposta: alumínio
(Al)

9) Meu número atómico
é quinze

Estou no osso e no
dente

Em fosfatos, para
lavagem

Prejudico o ambiente

Resposta: fósforo (P)

10) Sou mais denso que o
ar

Mas dele eu faço
parte

Onde houver
combustíveis e eu

Podes até queimar-te

Resposta: oxigênio
(O)”

ANEXO IV

Questionário 1 (fechada para os alunos e alunas da 1ª série do EM da escola SMCE/Unidade Seropédica)

Pesquisa de Interatividade na aula de Química

Você utiliza smartphone?

Sim

Não

Qual o sistema operacional?

Android

IOS

Já utilizou tecnologia digital (notebook, smartphone ou tablet) em sala de aula?

Sim

Não

Se sim, em qual disciplina?

Química

Física

Biologia

Matemática

Português

Inglês

História

Geografia

Sociologia/Filosofia

Qual a sua avaliação para o jogo digital de advinha da tabela periódica? Qual a sua avaliação para o jogo digital de advinha da tabela periódica?

Opções de notas de 1 a 10

Qual sua avaliação sobre aplicação da arte de rua do Madonnaro?

Opções de notas de 1 a 10

Qual a sua avaliação do programa de computador ACD/Labs?

Opções de notas de 1 a 10

Qual a sua avaliação do aplicativo para celular Mo-Cubed?

Opções de notas de 1 a 10

Na sua opinião, as aulas interativas contribuíram para o seu aprendizado em química?

Sim

Não

Talvez

ANEXO V

- Questionário 2 (aberta ao público geral, divulgada através das redes sociais)

Pesquisa interativa sobre Tecnologia da Educação na sala de aula

Qual a sua idade?

10 - 15 anos

16 - 20 anos

21 - 25 anos

26 - 30 anos

31 - 35 anos

Acima de 35 anos

Qual seu nível de escolaridade?

Ensino Fundamental

Ensino Médio

Ensino Superior

Pós-Graduação (Especialização, Mestrado e/ou Doutorado)

Você utiliza smartphone?

Sim

Não

Qual o sistema operacional?

Android

IOS

Se sim, em qual disciplina?

Artes

Biologia

Ciências

Geografia

História

Filosofia/Sociologia

Física

Educação Física

Química

Matemática

Inglês/Espanhol

Português/Redação

Literatura

Na sua opinião as aulas interativas contribuem para o seu aprendizado?

Sim

Não

Talvez

Na sua opinião a utilização de aplicativos para smartphones em sala de aula pode causar um déficit de atenção?

Sim

Não

Não sei

Talvez